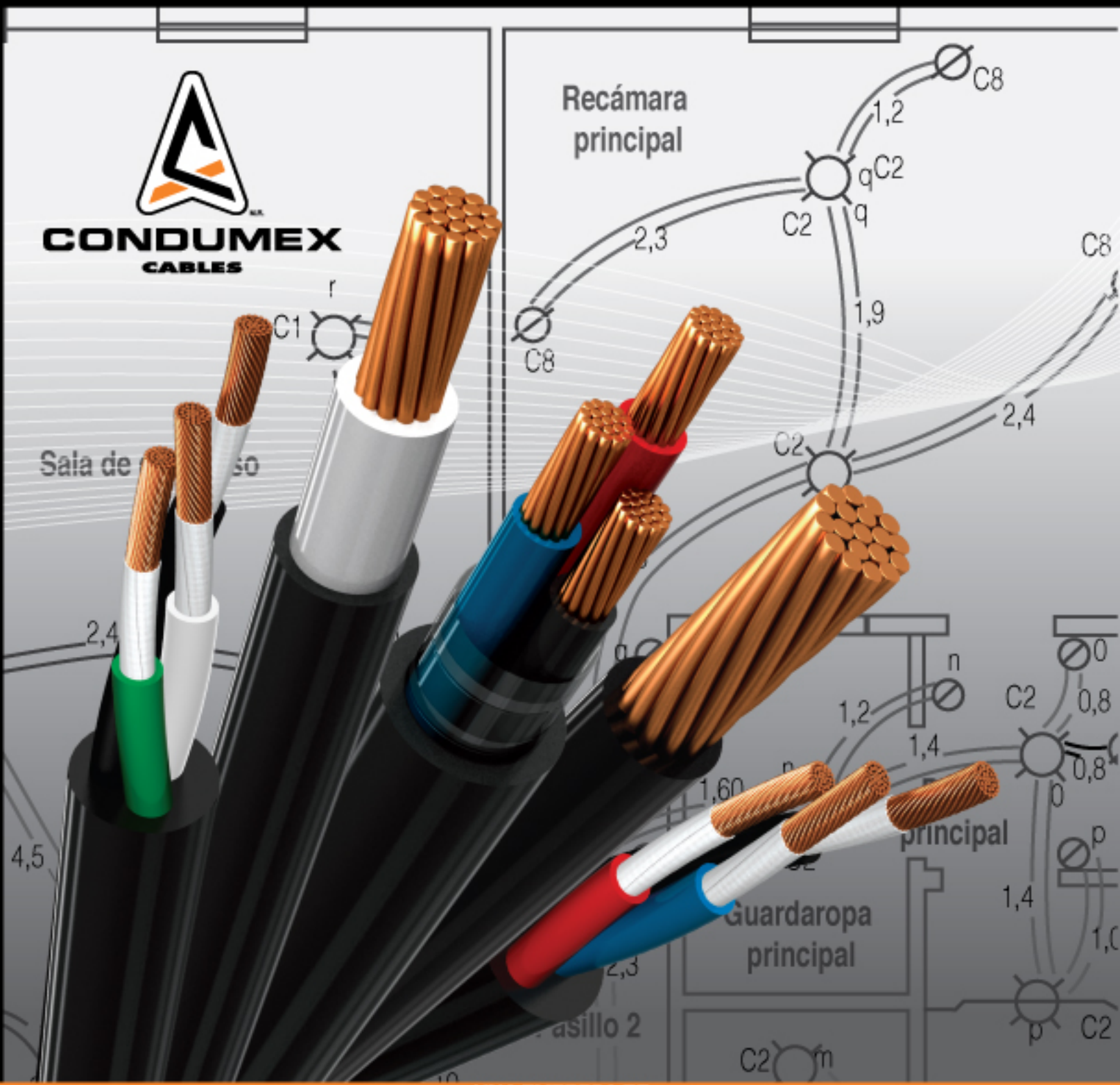
Manual técnico

de instalaciones eléctricas en baja tensión

OCTAVA EDICIÓN



UNA EMPRESA DE

GRUPO CONDUMEX®

Manual técnico

de instalaciones eléctricas en baja tensión

Primera edición, 2003
Segunda edición, agosto 2005
Tercera edición, abril 2006
Cuarta edición, marzo 2007
Quinta edición, junio 2009
Sexta edición, mayo 2011
Séptima edición, junio 2012
Octava edición, enero 2015

© 2012
Servicios Condumex, S.A. de C.V.
Lago Zurich No. 245, Edificio Frisco Piso 6
Col. Granada Ampliación
C.P. 11529 México, D.F.

Derechos reservados conforme a la ley
ISBN 968-7987-13-8

Queda prohibida la reproducción total o parcial, directa o indirecta del contenido de la presente obra, sin contar previamente con la autorización expresa y por escrito de los editores, en términos de la Ley Federal del Derecho de Autor y, en su caso, de los tratados internacionales aplicables. La persona que infrinja esta disposición se hará acreedora a las sanciones legales correspondientes.

IMPRESO EN MÉXICO / PRINTED IN MEXICO

Manual técnico

de instalaciones eléctricas en baja tensión

CONDUMEX
CABLES

México • 2015

Introducción 1
Capítulo 1

Conceptos básicos de la electricidad 3
Electricidad 3
Origen de la electricidad 3
Átomo 3
Estructura interna de los metales 4
Estructura de los no metales 6
Cargas eléctricas 7
Electricidad estática 7
Qué es una descarga eléctrica 7
Comportamiento de los cuerpos cargados 8
Cargas inducidas en cuerpos neutros 9
Medidas de las cargas 10
Corriente eléctrica y campos magnéticos asociados 10
Carga y FEM 10
Electricidad y magnetismo 12
Conductores, semiconductores y aislamientos 13
Conductores 13
Aisladores 14
Semiconductores 15
Parámetros eléctricos, definición, analogías y unidades 15
Voltaje 15
Corriente directa y corriente alterna 15
Corriente directa 16
La corriente directa nunca cambia de dirección 16
Corriente alterna 16
Corriente directa vs. corriente alterna 17
Inducción electromagnética 17
Onda sinusoidal de c.a. 18
Resistencia 19
Factores que afectan la resistencia 20
Medida de la resistencia 21
Resistencia de un conductor eléctrico 22
Relación entre voltaje, corriente y resistencia. Ley de Ohm 23
Ley de Ohm 25

Ejercicios prácticos 26
Potencia, pérdidas de energía y energía 27
Potencia 27
Ejercicios prácticos 29
Pérdidas de energía 30
Relación entre voltaje, corriente, resistencia y potencia 31
Energía 32

Capítulo 2

Conceptos básicos de circuitos eléctricos 33

El circuito eléctrico 33
Leyes de Kirchoff de conservación de la corriente y tensión en circuitos 36
Primera Ley o Ley de Conservación de la Corriente 36
Segunda Ley o Ley de Conservación de la Tensión 37
Cálculo de tensiones y corrientes en circuitos 38
Circuitos en serie 38
Circuitos en paralelo 39
Equivalentes de resistencias en serie y en paralelo 41
Circuitos monofásicos y trifásicos 44
Sobrecorrientes 47
Sobrecargas 48
Cortocircuitos 48
Fallas a tierra 49
Identificación de los conductores por medio de colores 52
Circuitos alimentadores y derivados 54
Generación, transmisión y distribución eléctrica 55
Potencia real y potencia aparente en circuitos de corriente alterna 56

Capítulo 3

Componentes de las instalaciones eléctricas 58

Conductores eléctricos 58
Conductor eléctrico 59
Material 59
¿Por qué el cobre es el metal que se prefiere en la elaboración de conductores eléctricos? 60
Flexibilidad 61
Dimensiones 61
Proceso de fabricación y pruebas de aseguramiento de la calidad 64
Problemas ocasionados por conductores de mala calidad 64
Aislamiento de los conductores eléctricos 66
Presentación de productos, características y aplicaciones 68
Línea de productos 68
Alambres y cables Vinanel XXI RoHS[M.R.] tipo THW-LS/THHW-LS 90 °C, 600 V CT-SR 69

Cable multiconductor Vinanel XXI RoHS[M.R.] tipo THW-LS/THHW-LS 90 °C, 600 V CT-SR 74
Alambres y cables Condumex ZER0H M.R. tipo THW-LS/THW-LS Libre de halógenos Ct-Sr 90 °C, 600 V RoHS para Instalaciones de alta seguridad. 76
Alambres y cables Vinanel[M.R.] Nylon RoHS tipo THHN/THWN-2 90 °C, 600 V CT-SR 78
Cables Vulcanel[M.R.] XLP tipo XHHW-2 LS CT-SR, RoHS 90 °C, 600 V 82
Cables Vulcanel[M.R.] XLP RoHS tipo RHH/RHW-2 90 °C, 600 V CT-SR 84
Cables Vulcanel[M.R.] EP-FR+CPE RoHS tipo RHH/RHW-2 90 °C, 600 V CT-SR 86
Cordón Flexanel[M.R.] uso rudo tipo SJT 60 °C, 300 V RoHS 88
Cordón Flexanel[M.R.] uso extra-rudo tipo ST 60 °C, 600 V RoHS. 90
Cordón uso rudo tipo SJO 90 °C, 300 V 92
Cordón uso extra-rudo tipo SO 90 °C, 600 V 94
Interruptores 95
Voltaje nominal del interruptor 95
Corriente nominal de un interruptor 95
Falla eléctrica 96
Sobrecorriente 96
Conceptos básicos sobre interruptores 96
Clasificación general 97
Componentes básicos de un interruptor termomagnético 99
Fusibles 102
Características de los fusibles 102
Desventajas en el uso de fusibles 102
Clasificación de los fusibles de baja tensión 103
Construcción de fusibles 104
Condiciones de operación 105
Comportamiento del fusible en circuitos de corriente alterna 105
Lámparas 106
Generalidades 106
Lámparas fluorescentes 107
Color de las lámparas fluorescentes y sus aplicaciones 109
Lámparas incandescentes 110
Centros de carga y tableros de distribución 111
Antecedentes y conceptos básicos 111
Tipos de montaje 112
Funciones del tablero 113
Tableros con zapatas principales 113
Tableros con interruptor principal 113
Contactos y apagadores 113
Apagadores 113
Accesibilidad de los apagadores 113
Montaje de los contactos y apagadores 114
Contactos 115
Canalizaciones 117
Tubos (conduit) metálicos 117

Tubo (conduit) no metálico 117
Ductos metálicos 119
Bus ducto (electroducto) 119
Cajas y accesorios para canalización con tubo 120
Ductos metálicos con tapa 121
Charolas para cables 122
Simbología e interpretación de planos 128
Símbolos en instalaciones eléctricas 128
Planos eléctricos 130
Principios del alambrado eléctrico 131
Los dibujos o planos para la instalación eléctrica 131
Elaboración de los diagramas de alambrado 132
Detalles del alambrado y diagrama de conexiones 132

Capítulo 4
Normatividad y diseño 133

Importancia de la norma de instalaciones eléctricas NOM-001-SEDE-2012 133
Vista general de la norma de instalaciones eléctricas NOM-001-SEDE-2012 138
Diseño de las instalaciones eléctricas 142
Planos de obra civil 143
Determinación de las cargas 143
Patio frontal, área AO1 144
Cochera, área AO2 144
Pasillo 1 y cuarto de lavado, área AO3 144
Baño común, área AO4 144
Guardarropas 1 y 2, áreas AO5 y AO6 145
Recámaras 1 y 2, áreas AO7 y AO8 145
Guardarropa 3, áreas AO9 145
Pasillo 2, área AO10 145
Recámara principal, área AO11 145
Guardarropa principal, área AO12 145
Baño principal, AO13 145
Sala de descanso, área AO14 146
Comedor, área AO15 146
Cocina, área AO16 146
Patio de servicio, área AO17 146
Cálculo de corriente por carga o salida 146
Motores 147
Salidas fluorescentes compactas 147
Contactos o receptáculos de uso general 148
Contactos o receptáculos para pequeños aparatos eléctricos 149
Contacto para lavadora 149
Contacto para horno de microondas 149
Contactos para cuartos de baño 149
Determinación de las cargas totales 152

Circuitos de alumbrado general 152
Circuitos para otras cargas como: aparatos específicos, motores, elementos de alumbrado empotrados, elementos de alumbrado para trabajo pesado, rieles de alumbrado, alumbrado para anuncios y de realce y otras salidas . . . 156
Circuitos de 20 A para pequeños aparatos eléctricos en unidades de vivienda 156
Circuitos de 20 A para lavadoras en unidades de vivienda 157
Circuitos de 20 A para cuartos de baño en unidades de vivienda. 157
Diseño de los circuitos derivados de la instalación y sus protecciones 158
Circuitos derivados de alumbrado general 159
Circuitos derivados para otras cargas como: aparatos específicos, motores, elementos de alumbrado empotrados, elementos de alumbrado para trabajo pesado, rieles de alumbrado, alumbrado para anuncios y de realce y otras salidas 161
Circuitos de 20 A para pequeños aparatos eléctricos en unidades de vivienda 164
Circuitos de 20 A para lavadoras en unidades de vivienda 166
Circuitos de 20 A para cuartos de baño en unidades de vivienda. 167
Diseño del circuito alimentador de la instalación y su protección 169
Alambrado y canalizaciones 173
Selección de cables de circuitos derivados y alimentador 175
Selección de calibre de los conductores que transportan corriente 175
Determinación del tamaño del conductor con base en la capacidad de conducción de corriente requerida 175
Determinación del tamaño del conductor con base en la caída de tensión máxima recomendada 181
Selección de calibre de los conductores de puesta a tierra de equipos o de tierra 183
Selección del calibre del conductor del electrodo de puesta a tierra 185
Electrodo de puesta a tierra 186
Selección de la tubería conduit 188
Selección de las salidas, cajas de jalado y de empalmes y cajas de paso 193

Capítulo 5
Unión y conexión de los cables 251

Amarres 251
Amarre Western Union 251
Amarre Cola de puerco 252
Amarre Dúplex 253
Amarre de alambres en "T" o de derivación ordinaria 253
Amarre de alambres en "T" o de derivación anudada 255
Amarre de cables paralelos 255
Amarre de cables torcidos 255
Amarre de cables en "T" o derivación múltiple 256
Soldar y encintar empalmes 258

Cintas de plástico 258
Cintas de hule 258
Cintas de tela o de fricción 258
Elaboración de terminales 258
Cómo hacer conexiones 258
Capítulo 6
Presupuesto 262

Análisis del proyecto 262
Visita a sitio 263
Selección de materiales y precios 265
Mano de obra 265
Reporte del presupuesto 265

Bibliografía 271

Introducción

Grupo Condumex, empresa de Grupo Carso, es uno de los conglomerados industriales más importantes de México. Con la vocación permanente de vanguardia tecnológica, participa de manera relevante en muy diversos ámbitos de la manufactura: desde conductores eléctricos y de telecomunicaciones hasta autopartes, pasando por transformadores de energía, componentes electrónicos y una amplia gama de productos de cobre, aluminio y plástico.

Además, su enfoque de servicio integral le ha permitido realizar con éxito múltiples instalaciones de sistemas de energía y redes para voz, datos y video, así como entregar proyectos llave en mano a satisfacción del cliente.

Desde 1954, año en que inició sus operaciones, se convirtió rápidamente en el principal fabricante de conductores eléctricos del país y se ha distinguido siempre por la alta calidad y el desarrollo tecnológico de sus productos. Asimismo, ha sido reconocido por el servicio a sus clientes, al proporcionarles herramientas para mejorar su desempeño y resultados.

Una clara muestra de ello es el *Manual técnico de instalaciones eléctricas en baja tensión* que ahora tiene usted en sus manos. Se trata de una recopilación de información práctica para el diseño y realización de instalaciones eléctricas de baja tensión.

Dos características distinguen a este manual: en primer lugar, su contenido es de fácil comprensión para los interesados en aprender a realizar instalaciones eléctricas, pues sus temas son expuestos con un lenguaje sencillo, sin abusar de la terminología técnica.

En segundo término, cabe resaltar que la información presentada está basada en la nueva Norma Oficial Mexicana de Instalaciones Eléctricas NOM-001-SEDE-2012, por lo que este Manual será una valiosa ayuda para las personas que, sin tener una carrera técnica en electricidad, quieren ejecutar una instalación eléctrica confiable y segura, apegada a la normatividad nacional.

Conceptos básicos de la electricidad

Electricidad

La electricidad es un conjunto de fenómenos físicos referentes a los efectos producidos por las cargas eléctricas tanto en reposo como en movimiento.

Fue Benjamín Franklin quien denominó a los dos tipos de cargas, *positiva* y *negativa*; dedujo que cuando una carga se produce, siempre otra de magnitud idéntica pero de carga opuesta se crearía.
La electricidad puede definirse como el movimiento de cargas eléctricas llamadas *electrones*. Los átomos de la materia contienen electrones, que son partículas con cargas negativas. Los electrones se mueven alrededor del núcleo de su *átomo*, el cual contiene partículas cargadas positivamente llamadas *protones*. Normalmente las cargas positivas y las negativas se encuentran en equilibrio en la materia. Cuando los electrones se mueven de su posición normal en los átomos, se observan efectos eléctricos.

Origen de la electricidad

Átomo

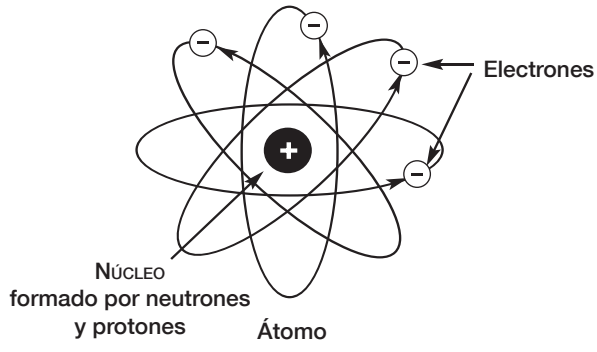
La materia está formada por moléculas, las cuales están compuestas a su vez por átomos.

Los átomos son estructuras pequeñas y complejas. Son tan diminutos que el microscopio más potente sólo puede darnos una ligera idea de ellos.

Todos los átomos tienen estructuras similares, pero difieren en tamaño y peso. Todos, excepto el hidrógeno, están formados por tres *partículas* básicas (una partícula es una pequeñísima parte de la materia). Dos de esas partículas, los *protones* y los *neutrones*, siempre están contenidas en el centro del átomo, donde forman un pequeño núcleo interior denso y pesado.

La tercera clase de partículas, los *electrones*, son excesivamente pequeñas y muy ligeras, siempre están girando alrededor del núcleo formando una nube de electrones.

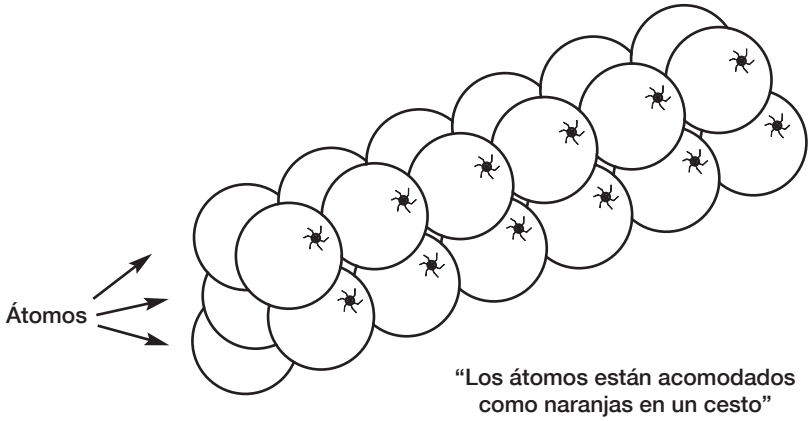
Muchos de estos electrones son de enlace, porque no pueden separarse del núcleo a menos que una gran fuerza los obligue. Si se aumentara el tamaño del átomo varios millones de veces, parecería un cuerpo esférico que no podría comprimirse fácilmente a un tamaño menor. Muchas sustancias puras o elementos están constituidos por interminables filas muy parecidas de átomos idénticos, colocados en hileras sobre hilera, en pequeñas zonas de espacio vacío entre ellos.



Este tipo de arreglo es llamado *estructura cristalina*; y es típico del estado sólido de muchos materiales. Las sustancias mixtas o *compuestas* están constituidas por varias clases de átomos. Los átomos forman racimos (*moléculas*) que se mantienen unidos por grandes fuerzas de atracción entre los átomos. Estas moléculas a su vez forman el sólido.

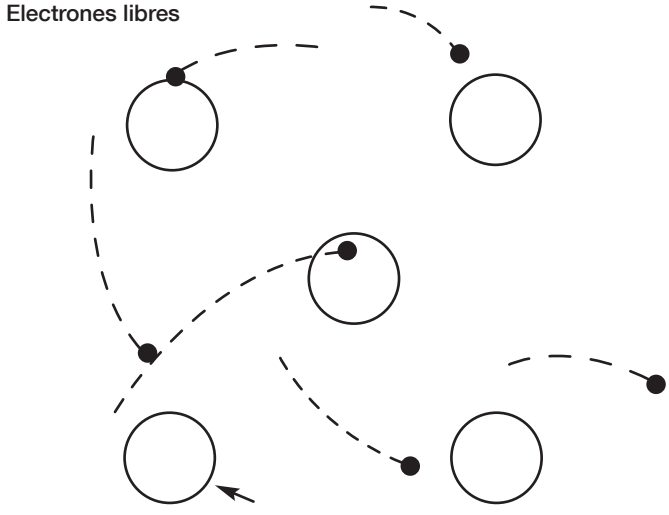
Estructura interna de los metales

Todos los metales tienen una estructura cristalina semejante. Millones de millones de átomos se agrupan muy juntos, tan juntos como sea posible, como naranjas en un cesto. Este arreglo deja un mínimo de espacio vacío entre los átomos del metal.

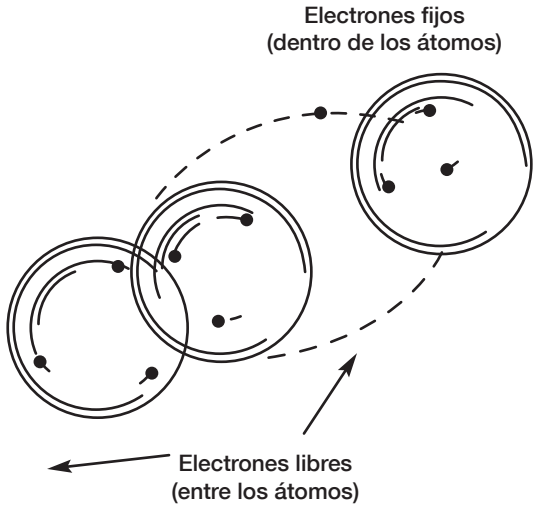


"Los átomos están acomodados como naranjas en un cesto"

Si amplificamos más los cristales de metal, veremos que los espacios entre los átomos no están totalmente vacíos. Hay partículas extremadamente pequeñas, llamadas *electrones libres*, que aparecen en ellos con un movimiento irregular: para atrás y adelante, para arriba y abajo, hacia todos lados, sin una trayectoria definida. Muchos metales tienen un electrón libre por cada átomo de su estructura cristalina.



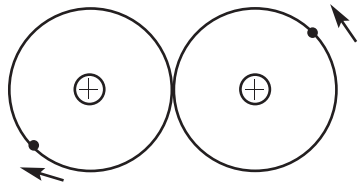
El *movimiento desordenado* e irregular de los electrones libres es causado por la *energía calorífica*, que está presente aun a muy bajas temperaturas. Cada átomo de metal contiene un cierto número de electrones internos o fijos, los cuales no tienen libertad de abandonar el átomo.



Imaginemos que contamos con un microscopio tan potente que nos permitiera ver los átomos y miráramos los que hay en un alambre de cobre. Observaríamos que el electrón gira a una velocidad tan elevada que casi no lo veríamos, y que su giro se realiza en todas direcciones, de forma tal que su trayectoria formaría una especie de esfera.

Veamos el átomo que está junto al que ya se observó y encontramos que el electrón del segundo átomo también gira, pero en sentido contrario con respecto al primero. Además, observamos que las dos esferas que forman con sus órbitas están unidas entre sí en un solo punto.

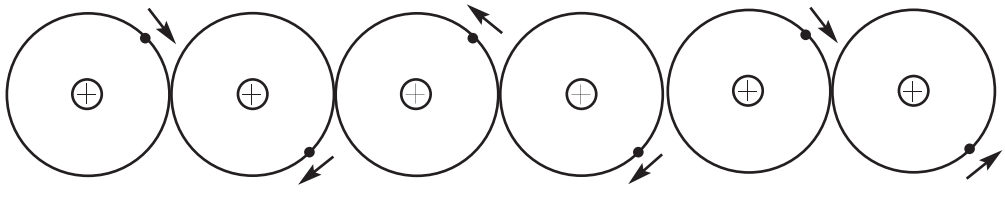
En ese punto de contacto pasa un electrón, miles y cientos de miles por segundo, y el electrón que forma el átomo también pasa por el mismo punto, sin que en ningún momento se encuentren y choquen entre sí, sino que siempre permiten el paso uno del otro.



Átomos unidos en un solo punto, con los electrones girando en sentido contrario

Si seguimos observando los demás átomos que están a continuación, nos daremos cuenta de que van formando una especie de cadena, cuyos eslabones serían las órbitas de los electrones, los cuales se tocarían en un solo punto y además sus trayectorias son contrarias una con respecto a otra, formando una especie de *tren de engranes*.

Una de las características importantes del átomo es que es estable, es decir, no puede romperse ni cambiar sus características.



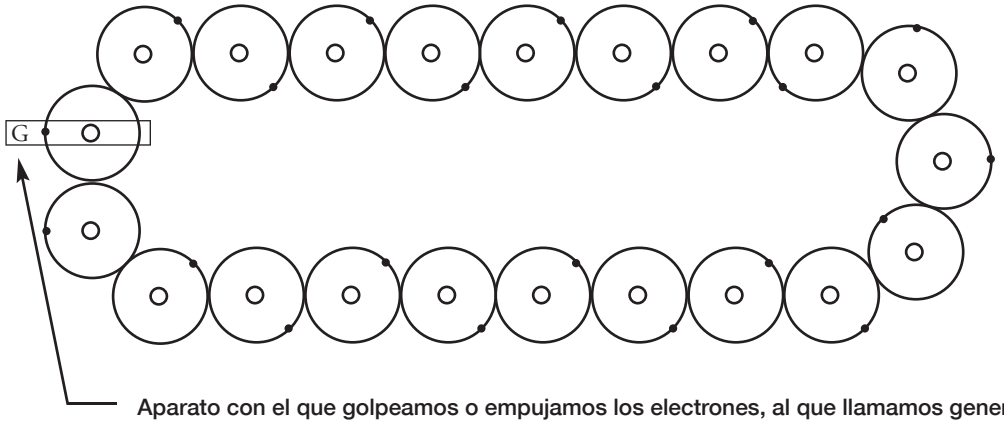
Átomos formando una especie de cadena, similar a un tren de engranes

En condiciones naturales y normales de un átomo, no podemos agregarle o quitarle electrones, es decir, si un átomo tiene tres electrones en sus órbitas, no podemos agregar otro para que sean cuatro o viceversa. Esto puede lograrse a través de métodos científicos muy complejos, como la ruptura del átomo o *fisión nuclear*.

Si nosotros golpeáramos al electrón del primer átomo de la cadena de tal forma que éste se saliera de su órbita y se metiera en la órbita del segundo átomo, este último, como no puede admitir dos electrones en su órbita, tendrá que mandar su propio electrón a la siguiente órbita y así sucesivamente, hasta que el último átomo tuviera en su órbita dos electrones.

Para que esto pueda lograrse, es necesario cerrar los extremos del conductor o del alambre, formando lo que se conoce como un *circuito cerrado*.

El *generador* va a impulsar a los electrones para que pasen de una órbita a otra, pero para que esto suceda es necesario que el circuito esté cerrado, en caso contrario, existiría la fuerza que trate de hacer correr a los electrones; pero si el circuito está abierto, no habrá *corriente*, flujo continuo y controlado de electrones de órbita a órbita.



El flujo de electrones requiere una fuerza o presión que empuje los electrones en forma continua, que se le conoce con el nombre de *voltaje* o *tensión*. Cuando el circuito está cerrado, a la circulación de electrones que fluyen por el conductor se le conoce como *corriente* o *intensidad de corriente*.

Ahora bien, hemos hablado de un alambre de cobre, pero si hubiéramos hecho el análisis con un alambre de fierro, veríamos que la diferencia estriba en que los electrones del metal de fierro son más perezosos que los del metal de cobre, es decir, se mueven con mayor dificultad al ser empujados por el *voltaje*.

Se dice que el alambre de fierro tiene más *resistencia* que el alambre de cobre, porque ofrece más resistencia al paso de la corriente eléctrica.

Estructura de los no metales

Muchos materiales no metálicos tienen una estructura interna absolutamente distinta a la de los metales. En muchas de esas sustancias, los átomos se juntan para formar *moléculas*. Estos racimos de átomos o moléculas se agrupan en hileras o cadenas para formar la sustancia, aun cuando un pequeño pedazo de vidrio tiene millones de millones de moléculas.

La estructura interna del vidrio es un ejemplo típico de un no-metal cristalino. Las moléculas de vidrio se agrupan ellas mismas con un patrón rígido, dejando entre los átomos y las moléculas espacios vacíos relativamente grandes. Si se amplificara una molécula de vidrio, veríamos que no hay electrones libres que ocupen los espacios vacíos entre los átomos. Esto sucede con muchos elementos y compuestos no metálicos.

Unos pocos compuestos similares al vidrio en su estructura interna, y que no contienen *electrones libres* en condiciones normales, son: porcelana, plásticos, hule, mica, etcétera.

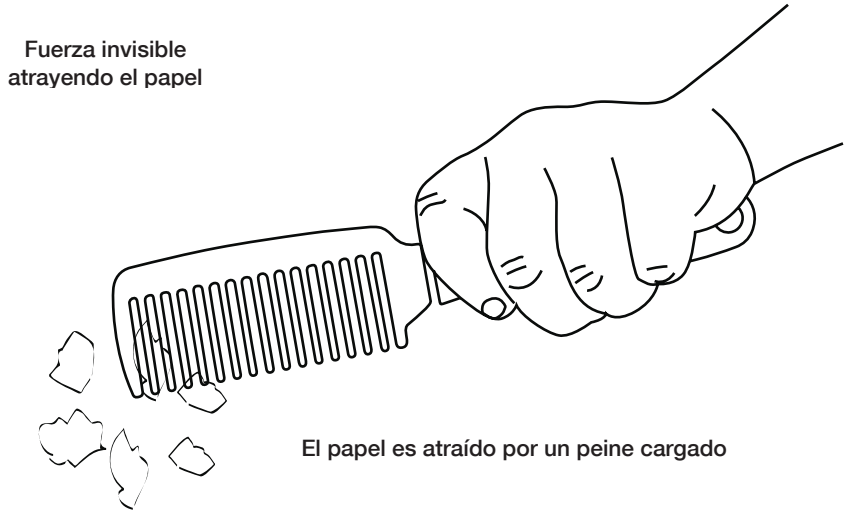
Cargas eléctricas

Electricidad estática

La electricidad estática es electricidad sin movimiento (estática = estacionario). Ya que la electricidad se define como una forma de energía, se concluye que la electricidad estática debe ser *energía eléctrica potencial*.

Rompa un papel en pedazos, desparrame éstos sobre un área de su mesa. Luego pase su peine entre sus cabellos varias veces y acerque el peine a los pedazos de papel. Observe cuidadosamente lo que pasa cuando el peine se acerca aproximadamente a 1/3 de centímetro de los pedazos de papel. La fricción entre su pelo y el peine ha dado a este último la capacidad de atraer. Este sencillo experimento fue conocido por los griegos hace más de 2 000 años, aunque en lugar de los plásticos modernos ellos usaban entonces la savia petrificada de los pinos, que encontraban en forma de huevecillos o de ramitas dispersas a lo largo de la orilla del mar Adriático. Esta resina petrificada, ahora llamada ámbar, atraía pequeños pedazos de materia cuando era frotada con pieles.

Alrededor del año 1600 dC, el cirujano inglés William Gilbert intentó por primera vez encontrar la verdadera naturaleza de la fuerza misteriosa de atracción del ámbar frotado. Gilbert encontró en su investigación que muchas otras sustancias también podían *cargarse* con esas *fuerzas de atracción* al frotarlas con pieles o seda. Él dijo que la materia cargada con esa fuerza invisible de atracción estaba *electrizada*. Gilbert formó esta palabra basándose en el nombre griego del ámbar (*elektron*), que fue la primera sustancia *electrizada*. El siguiente paso lógico fue llamar *electricidad* a esta fuerza que no tenía nombre.

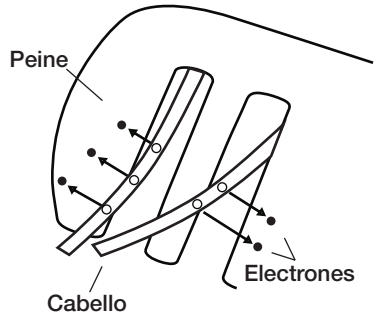


Qué es una descarga eléctrica

Para investigar la naturaleza de una carga eléctrica con más detalle, repitamos el experimento anterior del peine, de manera ligeramente diferente. Pase el peine entre su pelo (un movimiento rápido y brusco le dará mejor resultado), después acerque el peine a su cabello sin que llegue a tocarlo. Cuando la distancia entre su pelo y el peine *cargado* es corta, su pelo se levanta debido a que es atraído por el peine. Nuestro interés realmente está en lo que sucede en el interior del peine y del cabello.

La siguiente es una explicación de este fenómeno basándose en los descubrimientos científicos realizados en el siglo XX: la estructura molecular del cabello y del peine no tiene electrones libres. La fricción entre cabello y peine desprende electrones de las nubes de electrones de los átomos del cabello y los hace pasar al peine. Esta fricción obliga al cabello a quedar con una *deficiencia de electrones* y al peine con un *exceso de electrones*. Ni en el peine ni en el cabello sigue presente el número normal de electrones.

Peine y pelo cargados



Transporte de electrones mediante fricción

Este experimento muestra que existe una fuerza de atracción entre el peine y el cabello cargados. Como sólo hubo transporte de electrones al cargarse estos objetos, debemos concluir que un cuerpo que ha perdido electrones trata de reponerlos, mientras que el que tiene exceso de electrones trata de deshacerse de ese exceso, y que tanto el peine como el cabello han recibido una *carga eléctrica*. Para distinguir entre las dos clases de cargas se usan símbolos matemáticos.

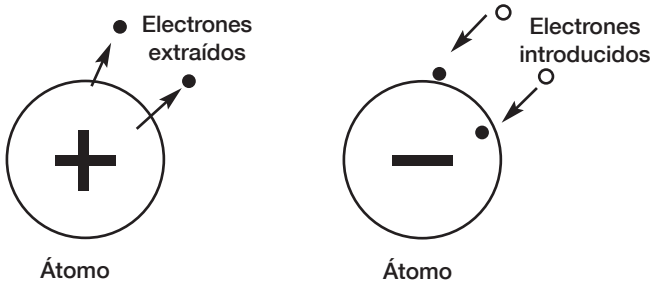
La carga debida a una falta de electrones es llamada *carga positiva*. La carga debida a un exceso de electrones es llamada *carga negativa*.

Comportamiento de los cuerpos cargados

La presencia de la fuerza invisible que ejercen los cuerpos cargados sobre cada uno de los otros puede verse al acercar dos cuerpos cargados. Si los cuerpos cargados se cuelgan de hilos delgados, se atraerán o rechazarán de acuerdo con la naturaleza de sus cargas. Los objetos con *cargas diferentes se atraen*, mientras que los cuerpos con *cargas iguales se rechazan*. La figura muestra todas las posibles combinaciones de cargas y las fuerzas que actúan de acuerdo con cada combinación.

Hay tres posibles combinaciones de cargas diferentes:

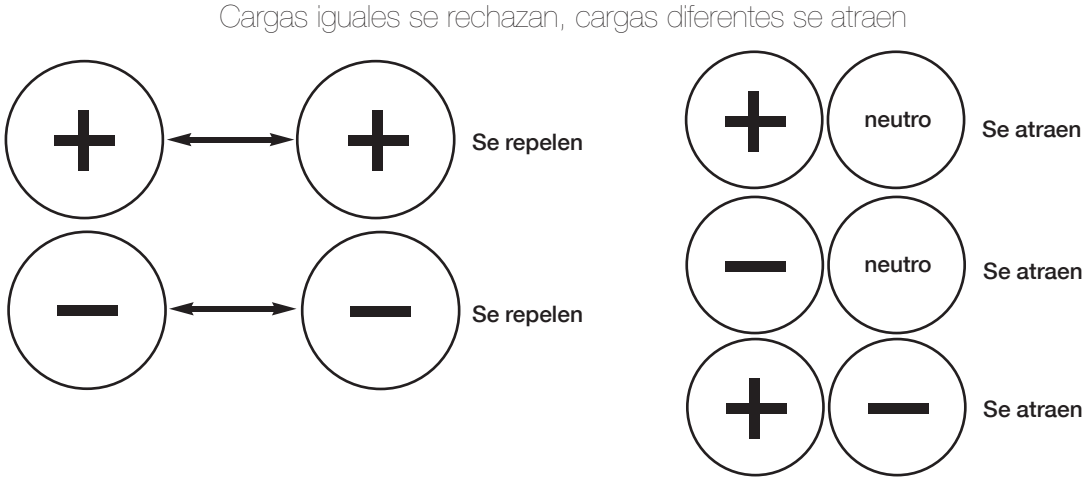
- Neutro/positivo
- Neutro/negativo
- Negativo/positivo



Hay dos combinaciones posibles de cargas iguales:

- Positiva/positiva
- Negativa/negativa

Si los dos cuerpos son eléctricamente neutros, o sea, no están cargados, no hay fuerzas eléctricas entre ellos. Estos resultados se expresan en una ley básica de la electricidad llamada *Ley de cargas*:

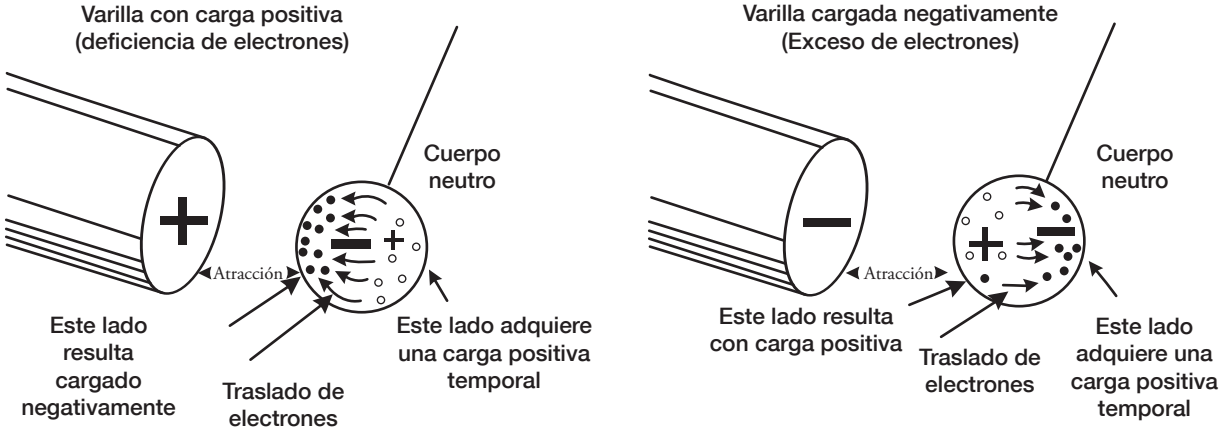


Cargas inducidas en cuerpos neutros

Anteriormente se vio que un cuerpo neutro es atraído por los cuerpos cargados tanto en forma positiva como negativa. Esto parece violar la segunda parte de la *Ley de cargas*, en la cual se establece que solamente los cuerpos con *diferentes cargas se atraen*. Una breve explicación de lo que sucede *dentro del cuerpo neutro* eliminará la confusión. Cuando se acerca un cuerpo cargado positivamente a un cuerpo neutro, la carga positiva atrae los electrones del cuerpo neutro dando una carga negativa al lado que da frente al cuerpo cargado.

En esta condición se cumple lo establecido en la segunda parte de la *Ley de cargas*: cargas diferentes se atraen. El cuerpo neutro completo permanece neutro, ya que ni ha ganado ni ha perdido electrones; sólo ha ocurrido un *cambio de posición de electrones*. Cuando se acerca una varilla con carga negativa a un cuerpo neutro, los electrones del cuerpo neutro son rechazados por la carga igual de la varilla.

Esta acción desplaza los electrones al otro lado del cuerpo neutro, el cual queda cargado temporalmente en los dos lados. La carga negativa de la varilla y la temporalmente positiva del cuerpo neutro se atraen una a la otra. Al alejar la varilla cargada, los electrones desplazados vuelven a su posición original.



Como la carga eléctrica positiva dentro del cuerpo neutro fue provocada o inducida por la presencia de la varilla cargada, se le llama *carga inducida*. Aunque el cuerpo mismo permanece neutro (no se han forzado electrones en su interior ni se los han quitado), su distribución interna de electrones ha sido perturbada temporalmente.

Medidas de las cargas

Definimos la carga como un *exceso o deficiencia de electrones en un cuerpo*. A la falta de electrones se le llamó arbitrariamente una *carga positiva* y a un exceso de electrones se le llamó *carga negativa*. En los dos casos se cambió el número normal de electrones en el cuerpo.

La mejor manera de medir la cantidad de carga en un objeto sería contar el número de electrones forzados a entrar o sacados de ese objeto. El tamaño increíblemente pequeño de los electrones hace que este método sea imposible. La cantidad de carga en un cuerpo es medida en grupos de 6,25 millones de millones de millones (o trillones) de electrones. Esta cantidad de electrones representa una unidad de carga. Para honrar a Charles A. Coulomb, científico francés del siglo XVIII, la unidad de carga fue llamada *coulomb* o *culombio*.

1 coulomb = unidad de carga eléctrica (c)

Cantidad de carga originada por un exceso o deficiencia de 6,25 trillones de electrones.

En los cálculos matemáticos, se usa la *Q* para representar la *carga*. El nombre de la unidad de carga abreviada es *c*.

Corriente eléctrica y campos magnéticos asociados

La corriente eléctrica es la electricidad en movimiento, es decir, un flujo continuo y controlado de electrones.

Anteriormente se vio que los cuerpos con carga eléctrica *ejercen una fuerza* sobre los objetos que los rodean.

Esta fuerza eléctrica tiene como característica que repele cuerpos con la misma carga y atrae cuerpos con carga diferente. La *Ley de atracción y repulsión electrostática* establece que un cuerpo cargado eléctricamente ejerce una fuerza de atracción y repulsión sobre las cargas de los cuerpos que se encuentran a su alrededor; la zona en que se manifiestan estas fuerzas se llama *campo eléctrico*.

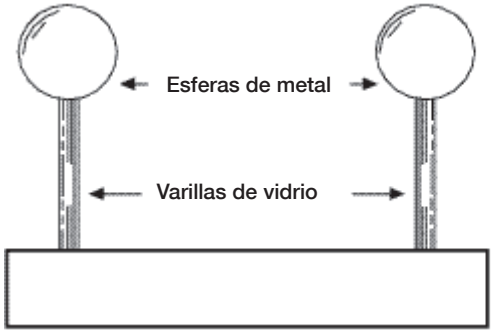
Esta fuerza invisible fue llamada *fuerza electromotriz* (FEM: trabajo efectuado para mover una carga entre dos puntos determinados).

Si un objeto tiene más electrones de los normales, se dice que tiene *carga eléctrica negativa*. Este hecho establecido experimentalmente lleva a dos conclusiones: cada electrón tiene carga negativa permanente, y la lleva con él a donde quiera que vaya; la carga negativa de los electrones en un cuerpo sin carga es balanceada por una carga positiva en este cuerpo. Estas conclusiones han sido probadas experimentalmente por físicos. El núcleo de cualquier átomo contiene partículas muy pequeñas y a la vez poderosas llamadas *protones*. Cada protón tiene una carga positiva permanente (los protones no tienen libertad para moverse; no pueden abandonar el núcleo del átomo). En un ion positivo, el total de carga positiva de los protones en el núcleo es mayor que la carga total negativa de la nube de electrones, haciendo que el ion atraiga electrones. En un ion negativo la carga negativa total de la nube de electrones es mayor que la carga positiva en los núcleos, y como resultado el ion repele los electrones. La fuerza de atracción (o repulsión) entre partículas cargadas se llama *fuerza electromotriz* (FEM).

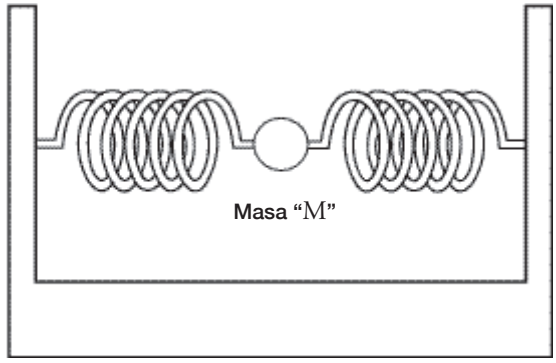
Carga y FEM

Para encontrar la relación que existe entre la cantidad de carga y la FEM resultante que actúa en los electrones desplazados, efectuemos un experimento imaginario, en el que comparemos las condiciones de los cuerpos electrificados, con las condiciones de un sistema mecánico.

Sistema Mecánico



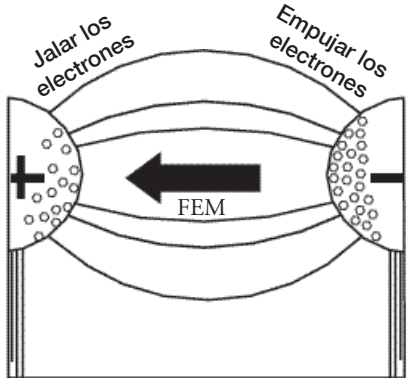
Sistema Eléctrico



Comencemos el experimento observando las condiciones en los cuerpos sin carga y los resortes libres de tensión. Las esferas no pueden moverse, sólo pueden moverse los electrones de una esfera a la otra. Los resortes están firmemente sujetos al soporte. La masa *M* puede moverse al estirar un resorte y comprimir el otro. Si queremos transportar electrones de una esfera izquierda a la otra (o mover la masa *M*), debemos hacer trabajo.

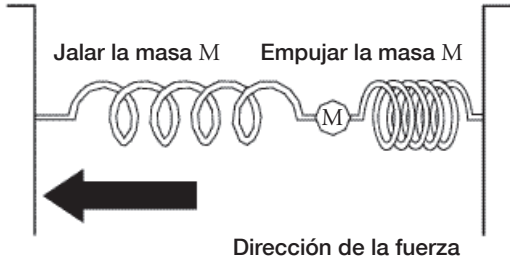
Carguemos las esferas quitando electrones de la esfera izquierda y obligándolos a introducirse en la esfera de la derecha, contra la fuerza atrayente de la esfera y la fuerza repelente de la esfera. El sistema mecánico se carga moviendo la masa *M* de izquierda a derecha contra la fuerza de atracción del resorte estirado y la fuerza de repulsión del resorte comprimido. Las cargas de la esfera originan esta fuerza electromotriz. Esta FEM tiende a mover electrones de la esfera negativa a la positiva. La tensión en el resorte origina una fuerza mecánica, la cual tiende a mover la masa *M* de derecha a izquierda.

Esferas Cargadas



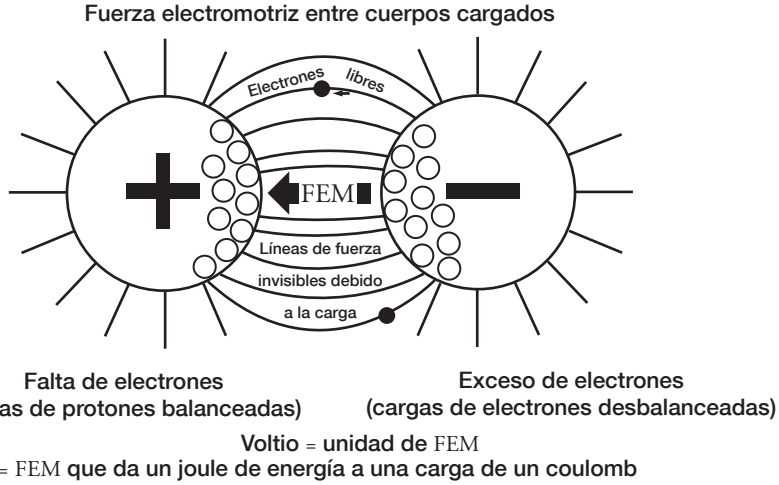
Dirección de la fuerza eléctrica actuando en los electrones transportados

Resortes Cargados



Dirección de la fuerza mecánica actuando en la masa M

Campo eléctrico entre cuerpos cargados. Existen líneas invisibles de fuerzas eléctricas entre las dos esferas cargadas. Esas líneas harán que los electrones que estén libres viajen de la esfera negativa a la positiva. La *magnitud* de la fuerza que actúa entre las esferas cargadas depende de la cantidad de carga en cada una de ellas y de la distancia que las separa (las líneas de fuerza se debilitan al aumentar la distancia entre ellas). La energía que originalmente se usó para trasladar electrones a la esfera negativa es almacenada como energía potencial por los electrones desplazados. Estos electrones pueden hacer trabajo cuando regresen a la esfera positiva. La unidad de medida de la FEM es el *volt* o *voltio* en honor a Alessandro Volta, científico italiano que hizo importantes aportaciones al estudio de la electricidad. En el lenguaje técnico, a la FEM la llamamos *voltaje*, término derivado del nombre de la unidad.


Fuerza electromotriz entre cuerpos cargados
Electrones libres
FEM
Líneas de fuerza
invisibles debido
a la carga
Falta de electrones
(cargas de protones balanceadas)
Exceso de electrones
(cargas de electrones desbalanceadas)
Voltio = unidad de FEM
1 voltio = FEM que da un joule de energía a una carga de un coulomb

Electricidad y magnetismo

En 1819 un profesor danés de Física, Hans Christian Oersted, descubrió que la corriente a través de un conductor ejerce una fuerza magnética sobre los objetos de hierro cercanos.

El experimento de Oersted es muy simple e ilustrativo. Los materiales necesarios son una pila seca, alambre de cobre aislado calibre 20 AWG (90 cm) y una brújula magnética. Ponga la brújula en su mesa y coloque la pila a 30 ó 40 cm de ella. Quite poco más de 1 cm de aislante de ambos extremos del alambre y conecte un extremo a la terminal negativa de la pila. Pase el alambre aislado por encima de la carátula de la brújula, alineada con la aguja (la aguja estará orientada en su posición normal norte-sur). Después, manteniendo el alambre en su lugar con una mano, con la otra conecte el extremo libre a la terminal positiva de la pila durante un instante y observe el comportamiento de la aguja de la brújula durante este tiempo.

La fuerza magnética de los electrones viajeros. Al cerrar el circuito eléctrico en el experimento, la aguja fue bruscamente desviada de su orientación normal de sur a norte. Como la aguja es un imán permanente, la fuerza que lo movió debe ser una *fuerza magnética* (campo magnético). El alambre de cobre (material no magnético) no pudo causar este magnetismo, el cual aparece sólo cuando fluye una corriente de electrones a través del conductor. Entonces la única responsable de la fuerza magnética es la corriente eléctrica (flujo de electrones).

Esto es una prueba fuera de toda duda de que la fuerza magnética alrededor de un conductor en el cual está fluyendo una corriente es causada por los electrones que fluyen. La fuerza magnética producida por los electrones viajeros se llama *electromagnetismo*.

Si el conductor de cobre del experimento descrito anteriormente se pasa a través de una hoja de cartón y se esparcen limaduras de hierro en éste, se obtiene un patrón de limaduras de hierro que se formarán de manera concéntrica (centro común) al conductor. La fuerza magnética causada por la corriente de electrones actúa a lo largo de líneas de fuerza circulares y concéntricas que tienen su centro en el flujo de electrones.

Las líneas de campo magnético actúan en un ángulo recto (perpendiculares) al conductor de corriente y existen a lo largo de todo el circuito eléctrico por el que fluye la corriente.

La dirección del campo magnético depende de la dirección del flujo de electrones.

Regla de la mano izquierda para conductores simples. Si el pulgar de su mano izquierda apunta en la dirección del flujo de electrones, los dedos rodean al alambre en la dirección del campo magnético.

Regla de la mano derecha. "Cogiendo el conductor con la mano derecha de forma que el pulgar señale la dirección de la corriente, los restantes dedos señalarán la dirección de las líneas de flujo".

Conductores, semiconductores y aislamientos

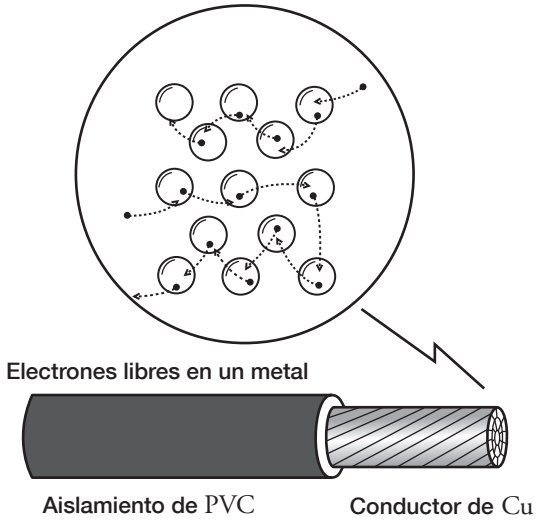
Desde el punto de vista eléctrico, podemos clasificar todas las sustancias conocidas por el hombre de acuerdo con su comportamiento. Aquellas que conducen la electricidad con facilidad son llamadas conductores, es decir, que sus electrones pueden moverse con facilidad puesto que sus uniones con el núcleo son débiles, lo que permite el intercambio de electrones (todos los metales están incluidos en este grupo). Los materiales que ofrecen gran resistencia al flujo de electrones son llamados aislantes. En este grupo están muchos compuestos no metálicos. Existe un tercer grupo de materiales que actúan de manera diferente cuando son conectados a un circuito eléctrico, son conductores bajo ciertas circunstancias y actúan como aislantes bajo otras; estos materiales son llamados semiconductores.

Conductores

El flujo de electrones necesita un material, como el cobre o el aluminio, que permita por su medio un fácil desplazamiento de los electrones. Este material, el cual va a soportar el flujo de electrones, es llamado *conductor*.

Si la característica evidente de todo buen conductor de electricidad es el ser metal, es lógico pensar que los metales tienen una característica común que les hace ser buenos conductores. Todos los metales están constituidos por paquetes compactos de átomos de metal con pequeñísimos *electrones libres* flotando en los espacios entre los átomos, libres para viajar a lo largo de todo el metal. Estos electrones libres siempre están presentes en el metal sin importar su temperatura.

La presencia de *esos electrones libres* hace a todos los metales buenos conductores. No todos los metales conducirán la electricidad con la misma facilidad. El mejor conductor de electricidad es la plata, seguida muy de cerca por el cobre, oro y aluminio. El cobre es el más utilizado en la mayoría de los conductores eléctricos, por sus características eléctricas y mecánicas.



El alambre de cobre es fabricado en muchas formas y tamaños. Algunos alambres son de cobre sólido, mientras otros deben ser flexibles y son hechos con alambre de cobre cableado. En muchas aplicaciones industriales, varios alambres de cobre son reunidos y posteriormente aislados para formar *cables*. Estos cables pueden ser aislados con materiales elastoméricos (hules) o termoplásticos. En algunos casos se

reúnen varios cables para formar un cable muticonductor, el cual es encerrado por una cubierta para protegerlo contra la acción de los agentes externos.

En los motores, transformadores, balastros y aparatos electrónicos se usan tipos especiales de alambres.

El alambre puede ser tan delgado como un cabello o tan grueso como una rama. Está cubierto por una delgada capa aislante, la cual no se daña o rompe cuando el alambre se dobla. El nombre técnico para este tipo de conductor es alambre magneto.

Los malos conductores son materiales que conducen la electricidad mejor que los aislantes, pero no con la facilidad de los metales. De este tipo de materiales o sustancias podemos citar la tierra mojada, la madera húmeda, el carbón, el papel mojado, entre otros.

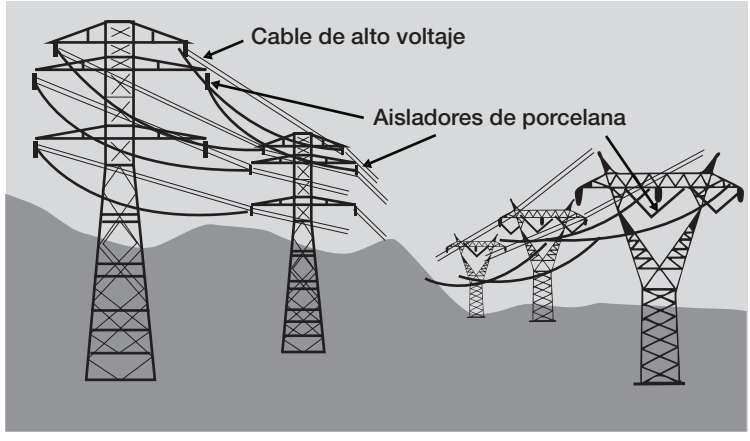
Aisladores

Un aislador es un material que no conduce electricidad bajo condiciones normales. Muchos compuestos no metálicos son aisladores. La principal característica de los aisladores es que tienen muy pocos o carecen de *electrones libres* bajo condiciones normales. Sin electrones libres no puede haber flujo de electrones. Todos los electrones de un aislador están *unidos a sus átomos* mediante fuerzas de gran magnitud. Los aisladores tienen pocos o ningún electrón libre. La ausencia de electrones libres impide que se genere una corriente de electrones en un material aislante.

Son materiales aisladores: mica, porcelana, cerámica, vidrio, plástico, hule, papel seco, baquelita, seda.

No todos los aisladores son iguales en sus cualidades aisladoras. Los mejores aisladores no tienen electrones libres. Los aisladores no tan perfectos contienen pocos electrones libres, con los que es posible generar una corriente eléctrica muy pequeña. La *porcelana* es uno de los mejores aisladores usados actualmente; se usa sin excepción para aislar las líneas de transmisión de alto voltaje y no pierde sus cualidades aislantes a pesar de los altos voltajes usados en tales líneas (100 a 400 kV): como consecuencia, la corriente sigue fluyendo a través de los cables.

Ya que los plásticos son suaves y flexibles frecuentemente, además de excelentes aisladores, se usan como aislamientos o cubiertas de los conductores eléctricos. A mayor espesor, más efectivo es el aislamiento.



Aisladores de porcelana en las torres de transmisión de potencia

Muchos aislamientos no deben llegar a temperaturas críticas porque comienzan a degradarse (se derriten); por esta imposibilidad de soportar altas temperaturas se les llama termoplásticos. Un hecho importante de los aislamientos termoplásticos es que pueden pigmentarse y fabricarse en muchos colores (este hecho facilita a los técnicos el rastreo de alambres en circuitos complicados). Los aisladores de cerámica son parecidos a los materiales de porcelana. Estos aisladores son extremadamente eficientes, pero muy quebradizos.

Semiconductores

El término *semiconductores* puede mal interpretarse con facilidad. No son conductores a medias como el nombre lo sugiere.

Un semiconductor puede tener las características de un conductor o de un aislador, dependiendo de su temperatura y la FEM aplicada. El silicio puro, un material gris de apariencia metálica, es un semiconductor. A la temperatura normal no tiene electrones libres. Todos sus electrones están unidos a sus respectivos átomos. El silicio puro a la temperatura normal es un aislador. Si su temperatura se eleva hasta cierto valor crítico, se vuelve conductor. Cuando el cristal de silicio alcanza una temperatura crítica, los electrones periféricos son desprendidos de sus átomos por la energía calorífica y flotan en los espacios de cristal. Tan pronto como la temperatura alcanza este nivel, el silicio será conductor. En el instante en que la temperatura está por debajo del nivel crítico, los electrones libres volverán a sus átomos. El silicio tendrá nuevamente su cualidad aislante.

También es posible lograr que el silicio sea conductor a la temperatura normal, si se le aplica un voltaje. Si el silicio puro se conecta a una fuente de alto voltaje, las fuertes líneas de FEM que actúan entre las terminales negativa y positiva de la fuente desprenderán electrones periféricos fuera de los átomos de silicio. El silicio será conductor cuando el alto voltaje actúe sobre él. Cuando el alto voltaje cesa, los electrones libres volverán a los átomos. El silicio volverá a comportarse como aislador. Existen sólo tres elementos que pueden clasificarse como *semiconductores reales: carbono, germanio, silicio.*

Parámetros eléctricos, definición, analogías y unidades

Voltaje

El flujo de electrones requiere mantener una fuerza o presión (voltaje) que empuje los electrones en forma continua. Esta fuerza generalmente se conoce con el término de *fuerza electromotriz* o *FEM*. El voltaje o la FEM es la diferencia de la carga eléctrica entre dos puntos. Con el fin de mantener esta diferencia, debe existir un exceso de electrones en un cierto lugar y una deficiencia o falta de electrones en otro lugar.

El voltaje es la presión o diferencia de potencia eléctrica de una carga entre dos puntos en un circuito eléctrico o campo eléctrico, es decir, el trabajo realizado por una fuerza externa (invisible) para mover la carga de un punto a otro.

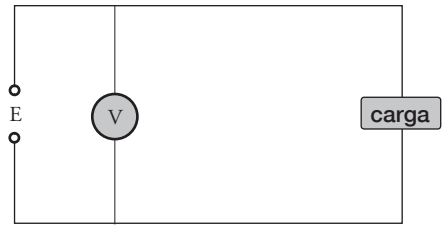
La unidad de medida es el *volt* o *voltio*. El aparato que usamos para medir este parámetro eléctrico es el *voltmetro* o *voltímetro*, el cual se conecta en paralelo a la línea para efectuar la medición.

El voltaje es comúnmente representado por los símbolos *E* o *V* y se le conoce como tensión, potencial y FEM (fuerza electromotriz).

Corriente directa y corriente alterna

La corriente eléctrica es el flujo continuo y controlado de electrones en un circuito eléctrico.

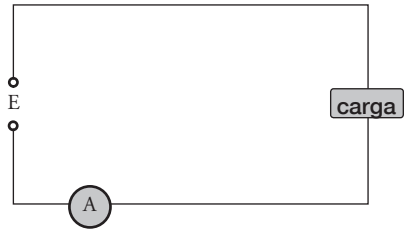
Cuando se tiene una fuente de voltaje conectada a través de conductores a un dispositivo, las cargas eléctricas fluyen desde un polo hacia otro; a este flujo se le llama corriente eléctrica y es el indicador de la cantidad de flujo hacia algún punto. La intensidad de corriente se conoce como la variación de carga con respecto al tiempo y su intensidad se mide en coulombs por segundo; esta unidad se denomina *ampere* o *amperio*.



$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

Donde:
ΔQ = **Incremento de la carga** [c]
Δt = **Incremento del tiempo** [s]
I = **Intensidad de corriente eléctrica** [A]

El aparato que se utiliza para medir la corriente eléctrica es el ampermetro o amperímetro.



La corriente eléctrica generalmente es clasificada en dos tipos: corriente directa y corriente alterna.

Corriente directa

La corriente directa (c.d.), también conocida como corriente continua, siempre fluye en la misma dirección. Los electrones fluyen en una sola dirección pues la polaridad del voltaje o de la fuente de la FEM es la misma; una de las terminales o polos de la batería es siempre positiva y la otra negativa.

La corriente directa nunca cambia de dirección

Los electrones fluyen desde la terminal negativa (*polo negativo*) de la fuente de voltaje, recorren el circuito y retornan a la terminal positiva (*polo positivo*).

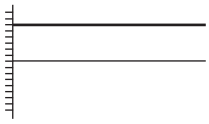
Algunos ejemplos claros de fuentes de corriente continua son: la pila seca, el acumulador de un automóvil, un generador de c.d. o un rectificador de corriente.

Corriente alterna

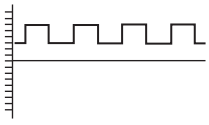
Una fuente de corriente alterna produce un voltaje que regularmente se va alternando, aumentando desde cero hasta un máximo positivo y decreciendo desde este máximo hasta cero, para volver a aumentar hasta un valor máximo negativo y decrecer hasta llegar nuevamente a cero; a esta variación completa se le llama *ciclo*. La corriente alterna (c.a.) es un tipo de corriente cuya polaridad se invierte periódicamente.

Corriente directa vs. corriente alterna

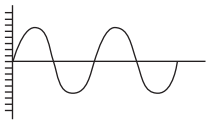
La corriente directa siempre fluye en una sola dirección. Si observamos en el gráfico de la pantalla de un osciloscopio, la corriente directa siempre aparece de un solo lado del eje de las ordenadas o del cero, pues su polaridad nunca cambia.



• c.d. estable
La corriente directa que nunca cambia en magnitud (o nivel de corriente) se denomina c.d. estable. Las baterías producen c.d. estable.



• c.d. pulsante
La c.d. pulsante (*pulsating*) cambia de magnitud, pero en el osciloscopio siempre aparece sobre el mismo lado del eje del cero o de las ordenadas, ya que su polaridad siempre es constante.



• Corriente alterna
La corriente alterna cambia tanto en magnitud como en su dirección. En el osciloscopio , el voltaje y la corriente aparecen a ambos lados del eje del cero o de las ordenadas, según la polaridad del voltaje se alterne y la corriente cambie de dirección.

Inducción electromagnética

La corriente alterna se genera mediante un efecto eléctrico llamado *inducción electromagnética*.

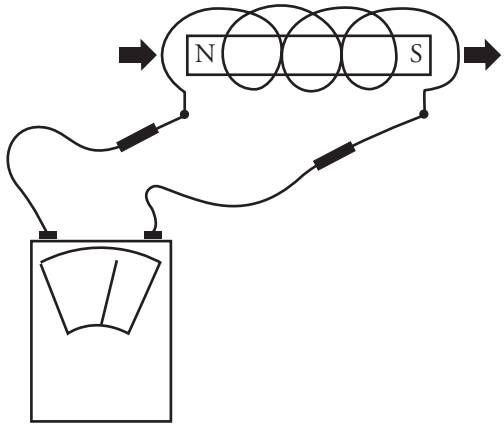
La inducción electromagnética es la capacidad que tiene un campo magnético de generar una FEM que origina una corriente en un conductor, sin necesidad del contacto físico.

Aunque el conductor y el campo magnético no se encuentren físicamente conectados, el voltaje es inducido en el conductor cuando éste se mueve por el campo magnético, o cuando el campo magnético se mueve a lo largo del conductor.

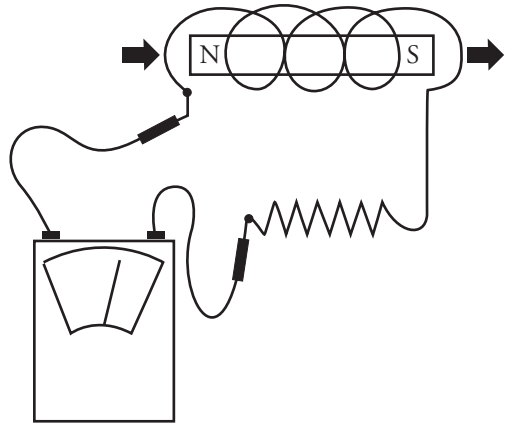
Cuando el conductor se vuelve parte del circuito, la corriente fluye en este último.

Los generadores transforman el movimiento rotatorio en flujo de corriente. El voltaje se genera cuando se rota una bobina dentro de un campo magnético.

Los motores de c.a. dependen también de la inducción electromagnética; transforman el flujo de la corriente en movimiento.



Voltios
voltaje inducido

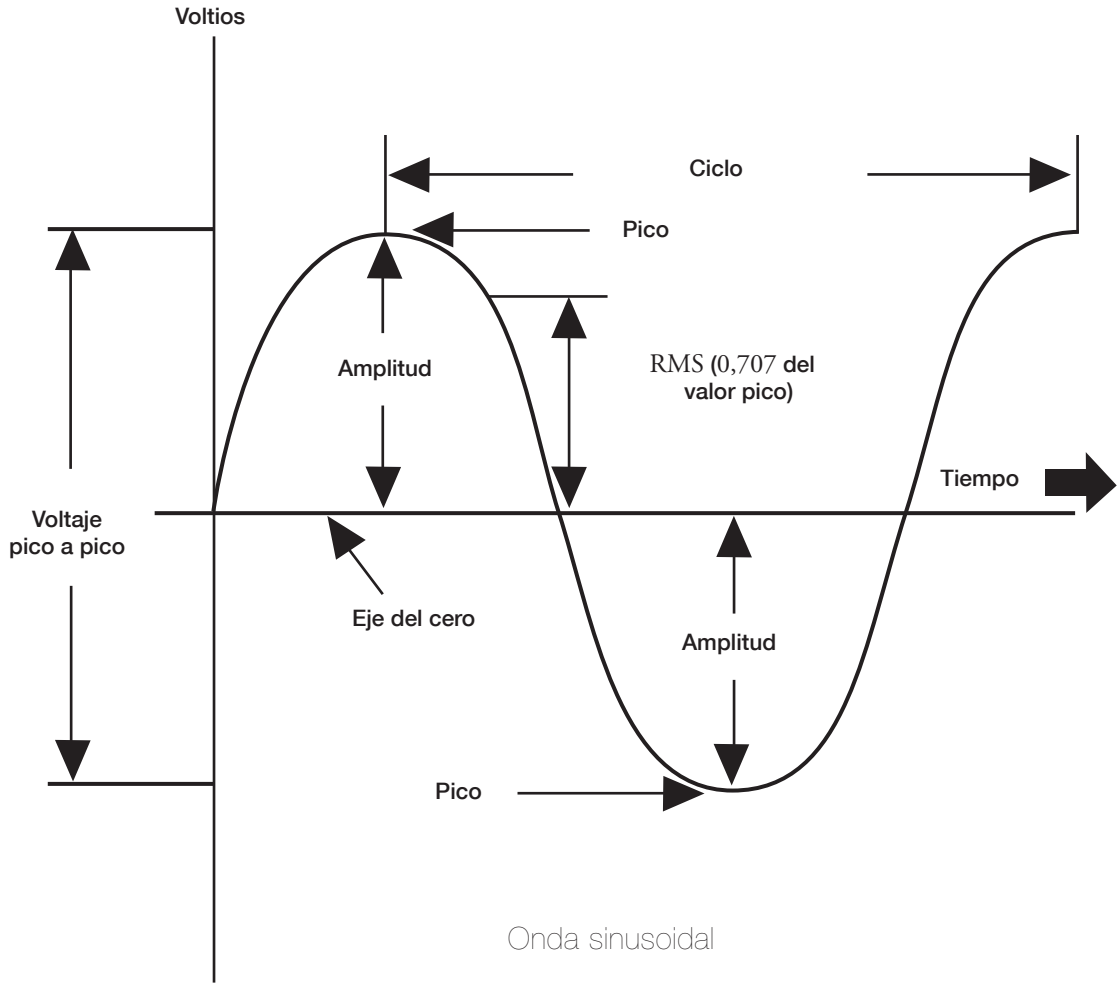


Amperes
Flujo de la corriente

Onda sinusoidal de c.a.

La rotación de un imán frente a una bobina origina en ésta una *corriente alterna*. La corriente eléctrica inducida obtenida tiene una forma llamada *sinusoidal*.

El voltaje y corriente alternas producidos por el movimiento rotatorio de un generador asumen la forma de una onda o curva sinusoidal: ésta es la forma más común de voltaje y corriente alterna. Cuando el conductor gira dentro de un campo magnético, corta, según una proporción variable, las líneas magnéticas de fuerza. En consecuencia de lo anterior, el voltaje varía según un esquema regular y repetitivo.



Onda sinusoidal

Las ondas sinusoidales son medidas y comparadas de acuerdo con ciertas características.

1. La *amplitud* de la onda sinusoidal nos indica el máximo valor de corriente o de voltaje; éste puede ser positivo o negativo.
2. Un *ciclo* es una repetición completa de la forma de la onda. Esto lo produce una revolución (vuelta) completa (360°) del conductor dentro del campo magnético. En cada ciclo se dan dos inversiones y dos máximos.
   La curva sinusoidal logra el máximo en la dirección positiva a los 90°, atraviesa el eje de las ordenadas o del cero a los 180°, alcanza el máximo negativo a los 270°, después alcanza el cero una vez más a los 360°.
3. La *frecuencia* es el número de ciclos por segundo. Entre mayor sea el número de ciclos por segundo, mayor será la frecuencia. Entre mayor sea la frecuencia, menor será la cantidad de tiempo por ciclo.

La mayoría de la corriente alterna se genera a los 60 ó 50 ciclos por segundo.
La amplitud y la frecuencia son valores independientes. Dos curvas pueden tener la misma amplitud y la misma frecuencia, la misma amplitud pero diferente frecuencia, amplitud diferente pero la misma frecuencia, amplitud diferente y frecuencia diferente.

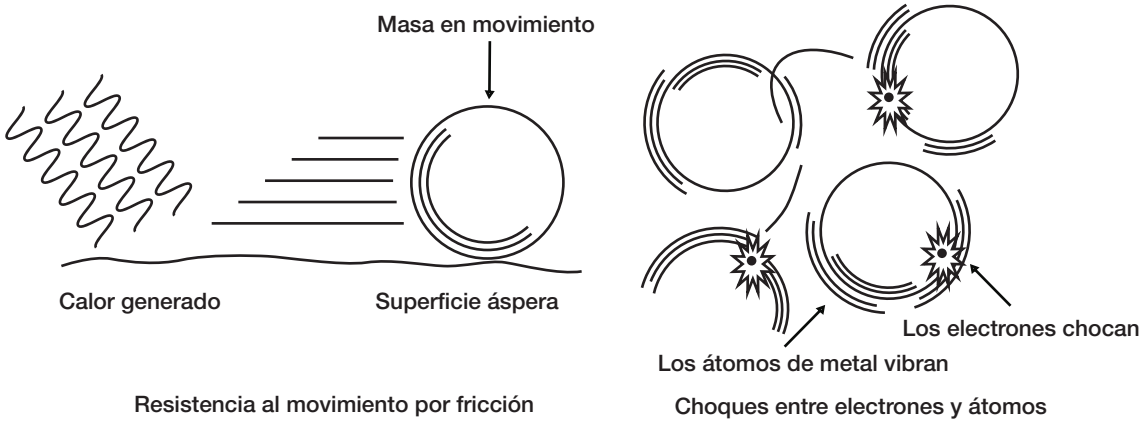
4. *Hertz* es el término empleado para los ciclos por segundo: 60 hertz = 60 ciclos/segundo.
5. *Voltaje pico a pico* es el voltaje medido entre los puntos máximo positivo y máximo negativo de una onda sinusoidal. Es igual al doble de la amplitud de onda.
6. *Voltaje o corriente de RMS* (valores efectivos o cuadrado de la media de valores pico) es una media estándar al medir la corriente o el voltaje alterno. RMS = $1/\sqrt{2}$ por el valor del pico (la amplitud de la onda sinusoidal).
7. La línea horizontal que atraviesa el centro de la onda sinusoidal se llama *eje del cero*.
   a) Todos los valores por encima del eje del cero son valores positivos; todos los valores por debajo del eje del cero son valores negativos.
   b) Tanto el voltaje como la corriente *negativa* realizan el mismo trabajo que la corriente y voltaje positivo. La única diferencia es que la polaridad del voltaje es opuesta y que la corriente fluye en la dirección contraria. Producen la misma cantidad de energía que el voltaje y la corriente positiva.

Resistencia

El flujo de electrones necesita un material que permita por su medio un fácil desplazamiento de los electrones. La oposición que presenta un material al flujo de electrones es conocida como *resistencia*.

En algunos *aisladores*, como la cerámica y los plásticos, los electrones están fuertemente amarrados a sus átomos. Mientras el voltaje no sea muy alto –generalmente miles de voltios–, no se mueve ningún electrón. En todo *conductor*, el más mínimo voltaje mueve electrones, sin embargo, en aquellos materiales con una gran *resistencia*, se moverán muy pocos. En materiales con muy poca resistencia se moverán muchos electrones con muy poco voltaje.

La corriente o flujo de electrones libres en un circuito eléctrico encuentra *oposición a su movimiento* en todas las partes del circuito. Esta oposición es llamada *resistencia*, y puede compararse a la *fricción* entre una bola que rueda y las asperezas de la superficie sobre la cual lo hace. Al vencer esta resistencia la bola pierde velocidad (energía cinética, la cual es convertida en energía calorífica).



Resistencia al movimiento por fricción

Choques entre electrones y átomos

La fricción (resistencia al movimiento) de un objeto depende del tipo de superficie sobre la que se mueve. De manera parecida, los diferentes metales ofrecen distinta cantidad de oposición a la corriente de electrones.

Gran parte de la resistencia se debe a los *choques* entre electrones que fluyen y los átomos estacionarios. Los electrones pierden energía cinética (de movimiento) al fluir a través de una resistencia. Esta energía es convertida en calor. Las vibraciones mecánicas de los átomos de metal (originados por los choques entre electrones y átomos) son percibidas por nuestros sentidos como *calor*.

Siempre que el flujo de electrones encuentra resistencia, su energía cinética (de movimiento) se convierte en energía calorífica (calor).

Corriente o flujo de electrones a través de una resistencia = calor

A una gran cantidad de resistencia amontonada en un volumen relativamente pequeño se le llama *resistencia concentrada*. La resistencia concentrada de cualquier carga (foco, elemento calentador, motor, etcétera). La resistencia de un conductor distribuida a todo lo largo del alambre se llama resistencia distribuida.

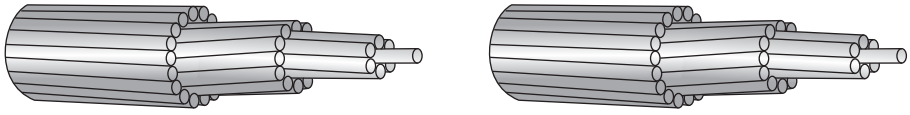
La línea quebrada indica la mayor oposición al flujo de electrones.

Símbolo esquemático para la resistencia

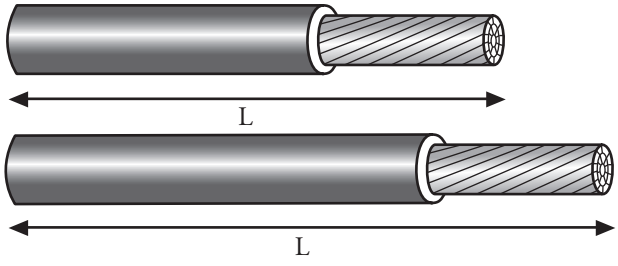
Factores que afectan la resistencia

La cantidad de oposición o resistencia que encuentra la corriente de electrones dentro de un metal (u otro material) depende de los siguientes factores:

- **El tipo de metal.** Algunos metales tienen una bajísima resistencia interna debido al arreglo de sus átomos (y otros factores). Los cuatro metales con resistencia mínima entre todas las sustancias son plata, cobre, oro y aluminio. De los cuatro, la plata tiene menor resistencia, seguida por el cobre, luego el oro y después el aluminio.
- **La longitud del alambre.** La resistencia de un alambre de metal aumenta con su longitud. A mayor longitud de un alambre de metal habrá más colisiones entre átomos y electrones, con lo que se convierte en calor más energía de los electrones.



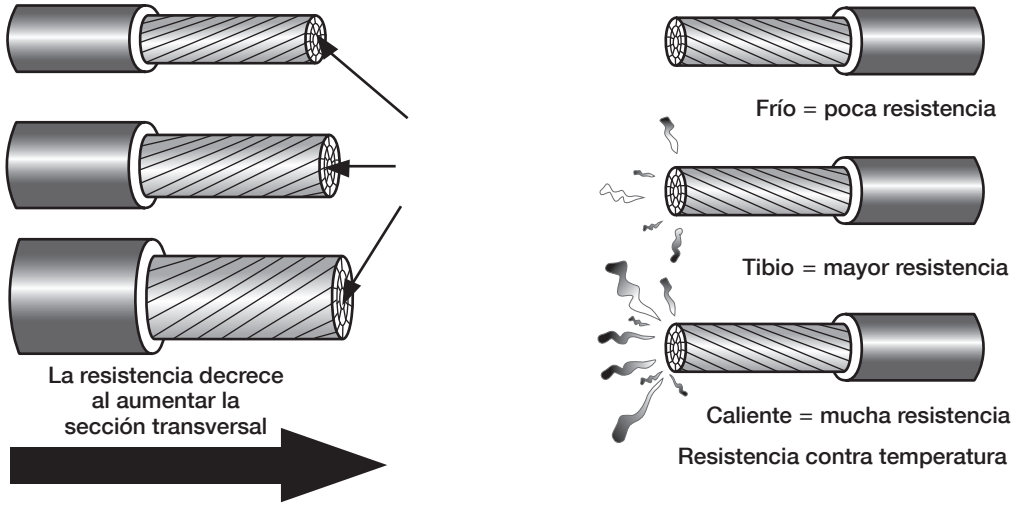
Cobre Aluminio



A mayor longitud (L), la resistencia aumenta

- **El área de sección transversal de un conductor.** A mayor amplitud en el camino de la corriente de electrones, más facilidad para su flujo a través del metal. A mayor área de la sección transversal del alambre, menor resistencia.

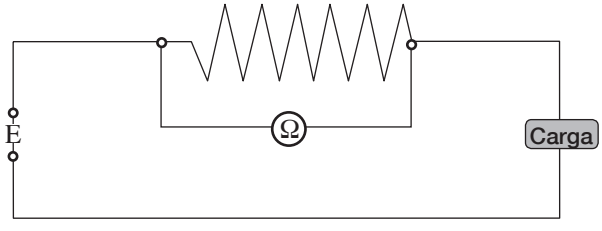
- **La temperatura del metal.** A una temperatura normal, la energía calorífica presente en todas las sustancias origina una suave vibración o agitación de sus átomos, sin que éstos pierdan su posición en el cristal de metal. Si se aumenta la temperatura, los átomos se agitan más y habrá mayor número de choques entre los electrones que fluyen y los átomos. La resistencia aumenta con la temperatura en los metales.



Medida de la resistencia

La resistencia siempre causa una *pérdida de energía en los electrones* (que es convertida en calor). Asimismo, la energía transportada por los electrones depende de la FEM o voltaje que actúa sobre ellos. Considerando estas dos proposiciones, llegamos a una conclusión: si los electrones pierden energía al fluir en contra de una resistencia, entonces esta pérdida de energía implica *una pérdida de FEM o voltaje* debido a la resistencia. Los técnicos se refieren a esta pérdida de energía o voltaje como *caída de voltaje a través de una resistencia*. La pequeña pérdida de voltaje a lo largo de cada resistencia se suma para dar la pérdida total de voltaje a través de toda la resistencia.

La energía perdida y la pérdida de voltaje resultante son usadas para definir la unidad de resistencia: una unidad de resistencia es la cantidad de resistencia que causa una caída de voltaje de 1 voltio a una corriente de 1 amperio. La unidad de resistencia es el *ohm* u *ohmio*, llamado así para honrar a Georg S. Ohm, científico alemán del siglo XIX. El ohmio = unidad de resistencia que causa una caída de voltaje de 1 voltio a una corriente constante de 1 amperio. El aparato para medir la resistencia es el *ohmetro* y se conecta en los extremos de la resistencia por medir.



Resistencia de un conductor eléctrico

La resistencia a la corriente directa o continua de un conductor eléctrico, formado por un alambre de cualquier metal, está expresada por la fórmula:

$$\mathbf{R_{c.d.}} = \rho \frac{\mathbf{L}}{\mathbf{A}} \quad \mathbf{[ohms]}$$

En donde:
L = longitud del conductor
A = área de la sección transversal del conductor
ρ = resistividad volumétrica del material del conductor en unidades compatibles con L y A.

Los valores de la resistividad en volumen, para el cobre, que ha normalizado la International Annealed Copper Standards (IACS) a 20 °C y 100% de conductividad son:

10,371 ohm-cmil/pie
17,241 ohm-mm^2/km

Los valores para el aluminio en volumen con 61% de conductividad a 20 °C, según la IACS, son:

17,002 ohm-cmil/pie
28,28 ohm-mm^2/km

Efecto de cableado. Cuando se trata de conductores cableados, su resistencia es igual a la resistencia de cada uno de los alambres dividida entre el número de ellos.

$$\mathbf{R_{c.d.}} = \frac{\mathbf{R'}}{\mathbf{n}} = \frac{\rho}{\mathbf{n}} \mathbf{x} \frac{\mathbf{L}}{\mathbf{A'}}$$

En donde:
R' y A' son la resistencia y el área de la sección transversal de cada alambre, respectivamente. Sin embargo, esta fórmula sería válida sólo si todos los alambres tuviesen la misma longitud. Como en realidad esto no es exacto, ya que los alambres de las capas superiores tienen una longitud mayor, el incremento de la resistencia por efecto de cableado, para fines prácticos, se puede suponer:

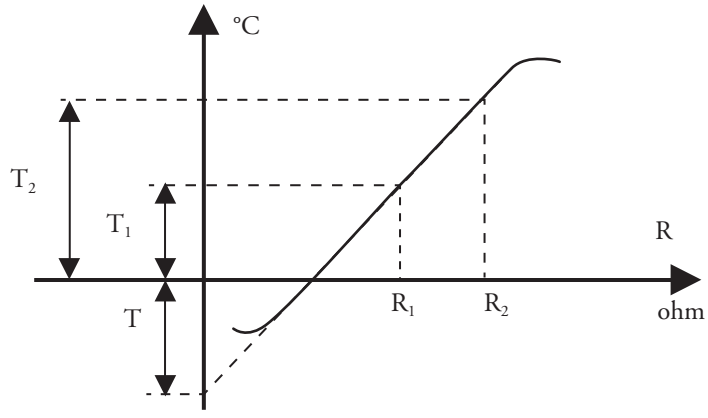
$$\mathbf{R_{c.d.}} = \rho \frac{\mathbf{L}}{\mathbf{A}} \mathbf{(1+k_c)}$$

En donde:
$\mathbf{k_c}$ es el *factor de cableado*, y los valores correspondientes para diversos tipos de cuerdas se encuentran en la siguiente tabla.

Tipo de cableado	k_C
Redondo normal	0,020
Redondo compacto	0,020
Sectorial	0,015

Efecto de la temperatura en la resistencia. Dentro de los límites de operación de los conductores eléctricos, los únicos cambios apreciables en los materiales usados son los incrementos en la resistencia y la longitud que éstos sufren, en virtud de cambios de su temperatura. El más importante, en cables aislados, es el cambio en el valor de su temperatura.

Si efectuáramos mediciones de la resistencia en un conductor, a distintas temperaturas, y situáramos los valores obtenidos en una gráfica, obtendríamos la curva siguiente:



Variación de la resistencia de un conductor eléctrico metálico con la temperatura

La resistencia (R_2), a una temperatura cualquiera T_2, en función de la resistencia (R_1), a una temperatura T_1 distinta de cero, estaría dada por:

$$R_2 = R_1 [1+\alpha(T_2 - T_1)]$$

α = Coeficiente de variación de la resistencia con la temperatura.

En donde:
α se denomina *coeficiente de corrección por temperatura* y sus dimensiones son el recíproco de grados centígrados.

α = 1/ 234,5 = 0,00427, a 0 °C para el cobre recocido
α = 1/ 228 = 0,00439, a 0 °C para el aluminio
α = 1/228,1 = 0,00438 (aluminio duro estirado)

Relación entre voltaje, corriente y resistencia. Ley de Ohm

Al aplicar un voltaje a un circuito eléctrico cerrado, se produce una corriente de electrones a través de todas las partes del circuito. El voltaje aplicado da una fuerza (energía cinética) a los electrones libres, que es convertida en calor (energía calorífica) por la resistencia del circuito. La mayor parte de la conversión ocurre en la carga.

Durante mucho tiempo se sospechó de la existencia de una íntima relación entre el voltaje, la corriente de electrones y la resistencia de un circuito eléctrico. En el año de 1827 el profesor alemán de física Georg S. Ohm publicó una ecuación sencilla que explica la exacta relación entre voltaje, corriente y resistencia. Esta ecuación, conocida como la *Ley de Ohm*, se ha convertido en una poderosa herramienta para los técnicos electricistas. Permite predecir lo que sucederá en un circuito eléctrico antes de construirlo.

Usando la Ley de Ohm, los técnicos conocen exactamente cuánta corriente de electrones fluirá a través de una resistencia, cuando se conoce el voltaje aplicado. De hecho, las tres cantidades eléctricas –corriente, voltaje y resistencia– pueden determinarse usando la Ley de Ohm.

Relación entre corriente y voltaje aplicado. Para un valor fijo de resistencia, cuando se duplica el voltaje aplicado a un circuito, la corriente de electrones se duplica también (los electrones se mueven dos veces más aprisa).

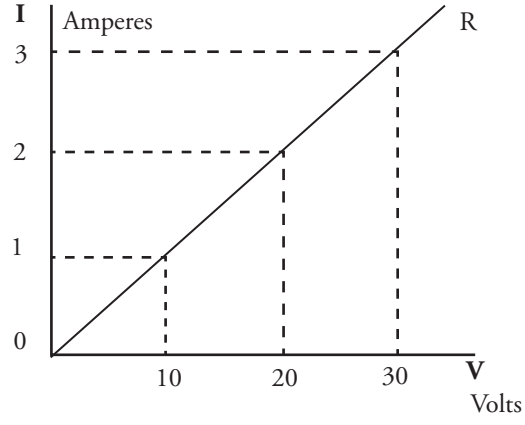
Cualquier aumento en el voltaje o la FEM da por resultado un aumento proporcional en la corriente a través del circuito.

Cualquier disminución en el voltaje o la FEM da por resultado una disminución proporcional en el flujo de electrones a través del circuito.

Nota: *Cuando dos cantidades están íntimamente relacionadas, de tal manera que un aumento en una tiene por resultado un aumento proporcional en la otra, se dice que son directamente proporcionales.*

Podemos expresar la relación entre voltaje aplicado y la corriente de electrones resultante en una proposición formal: ***la corriente en un circuito de resistencia constante es directamente proporcional al voltaje aplicado.***

Esta relación puede expresarse gráficamente dibujando a *I* contra el valor de *V*, como se muestra en la figura siguiente:



La Ley de Ohm en su forma gráfica

Relación entre corriente y resistencia del circuito. Para un valor fijo de voltaje, cuando se dobla la resistencia de un circuito, haciendo dos veces más difícil el paso de los electrones a través del circuito, la cantidad de corriente de electrones es reducida a la mitad de su valor (el voltaje aplicado no cambia).

Cualquier aumento en la resistencia del circuito causa una disminución proporcional en la cantidad de corriente de electrones a través del circuito.

Cualquier disminución del valor de la resistencia produce un aumento proporcional en la cantidad de corriente de electrones.

Nota: *Cuando dos cantidades están relacionadas de modo que un aumento en el valor de una de ellas produce una disminución proporcional en la otra, se dice que son inversamente proporcionales una a la otra.*

Nuestra conclusión puede expresarse formalmente como: ***la corriente que fluye en un circuito eléctrico con un voltaje constante es inversamente proporcional a la resistencia del circuito.***

Ley de Ohm

La Ley de Ohm nos dice que: la corriente es directamente proporcional al voltaje aplicado e inversamente proporcional a la resistencia del circuito.

La expresión escrita de esta ley puede representarse mediante la siguiente ecuación algebraica:

$$\mathbf{I = \frac{V}{R}}$$

En donde:
I = intensidad del flujo de electrones, o corriente de electrones, medida en amperes [A].
V = voltaje (también conocido como E = tensión o FEM = fuerza electromotriz) en volts [V].
R = Es la resistencia del circuito, medida en Ohms [Ω].

Formas derivadas de la Ley de Ohm. La expresión básica de la Ley de Ohm permite determinar la corriente que fluye en un circuito eléctrico, cuando conocemos el voltaje aplicado y la resistencia. Sin embargo, hay ocasiones en que conocemos el voltaje aplicado y la corriente resultante, y tenemos la necesidad de calcular la resistencia del circuito, o bien, puede conocerse la corriente y la resistencia del circuito, y debe encontrarse el voltaje aplicado. En estos casos se debe operar algebraicamente con la ecuación original de la Ley de Ohm para obtener ecuaciones derivadas para el voltaje y la corriente.

Pasemos ahora de la forma básica de la Ley de Ohm a la fórmula para el voltaje:

$$\mathbf{I = \frac{V}{R}}$$ (ecuación básica)

Se multiplican ambos miembros de la igualdad por *R*

$$\mathbf{I \times R = \frac{V \times R}{R}}$$

Se eliminan factores iguales

$$\mathbf{I \times R = \frac{V \times R}{R}}$$

Forma derivada de la Ley de Ohm

$$\therefore \mathbf{V = I \times R}$$

Esta nueva ecuación nos permite calcular el voltaje aplicado, cuando conocemos la resistencia y la corriente que fluye a través de ella.

Pasemos ahora de la forma básica de la Ley de Ohm a la fórmula para la resistencia:

Forma derivada de la Ley de Ohm

$$\mathbf{V = I \times R}$$

Dividimos ambos lados entre *I*

$$\frac{\mathbf{V}}{\mathbf{I}} = \frac{\mathbf{I \times R}}{\mathbf{I}}$$

Se eliminan factores iguales

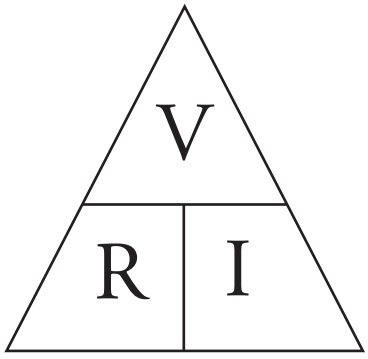
$$\frac{\mathbf{V}}{\mathbf{I}} = \mathbf{R}$$

Segunda forma derivada de la Ley de Ohm

$$\therefore \mathbf{R} = \frac{\mathbf{V}}{\mathbf{I}}$$

Esta segunda ecuación derivada de la Ley de Ohm nos permite calcular la resistencia de un circuito, cuando conocemos el voltaje aplicado y la corriente resultante.

Para facilitar el trabajo con las tres ecuaciones, hacemos uso del *Triángulo de memoria*. Esta figura no es la Ley de Ohm, solamente sirve para recordar qué operación se hace para calcular voltajes, corrientes o resistencias. Para usarlo, se cubre la cantidad que se busca, y las partes visibles del triángulo dicen qué forma de la Ley de Ohm debe usarse.



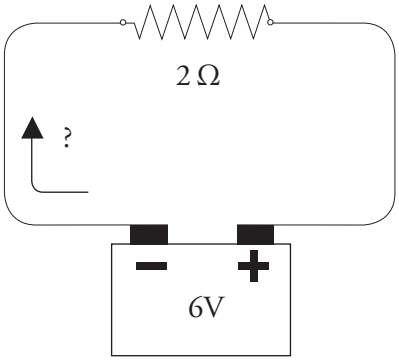
$$\mathbf{I} = \frac{\mathbf{V}}{\mathbf{R}}$$

$$\mathbf{V} = \mathbf{I \times R}$$

$$\mathbf{R} = \frac{\mathbf{V}}{\mathbf{I}}$$

Ejercicios prácticos:

1) ¿Cuál será la corriente que circula a través del circuito de la figura, si el voltaje es de 6 volts y la resistencia de 2 ohms?



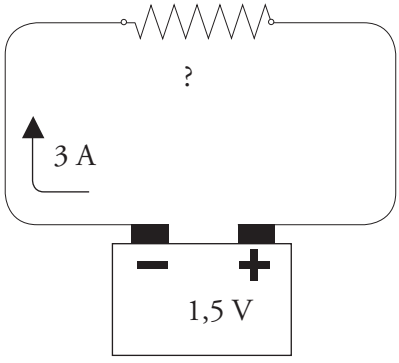
Solución: Tapamos la letra *I* en el triángulo y nos queda.

$$\mathbf{I} = \frac{\mathbf{V}}{\mathbf{R}}$$

En donde:
R = 2 ohms
V = 6 volts
I = ?

$$\therefore \mathbf{I} = \frac{\mathbf{6\ volts}}{\mathbf{2\ ohms}} \qquad \mathbf{I = 3\ amperes}$$

2) ¿Qué resistencia tiene el circuito de la figura, el cual tiene aplicado un voltaje de 1,5 volts y por él circula una corriente de 3 amperes?



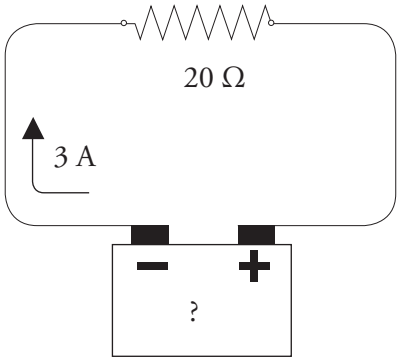
Solución: Tapamos la letra *R* en el triángulo y nos queda:

$$\mathbf{R = \frac{V}{I}}$$

En donde:
R = ?
V = 1,5 volts
I = 3 amperes

$$\therefore \mathbf{R = \frac{1,5\ volts}{3\ amperes}} \qquad \mathbf{R = 0,5\ ohms}$$

3) Calcular el voltaje necesario para que en el circuito de la figura circulen 3 amperes, si la resistencia del circuito es de 20 ohms.



Solución: Tapamos la letra *V* en el triángulo y nos queda:

$$\mathbf{V = I \times R}$$

En donde:
R = 20 ohms
V = ?
I = 3 amperes

$$\therefore \mathbf{V = 3\ amperes \times 20\ ohms} \qquad \mathbf{V = 60\ volts}$$

Potencia, pérdidas de energía y energía

Potencia

Diferencia de potencial. La diferencia de potencial eléctrico de una carga entre dos puntos se define como el trabajo realizado por una fuerza externa para mover la carga de un punto a otro.

Analizando un sistema mecánico, cuando aplicamos una fuerza (F) a un objeto y éste se desplaza a una distancia (L), estaremos realizando un trabajo, el cual queda definido como:

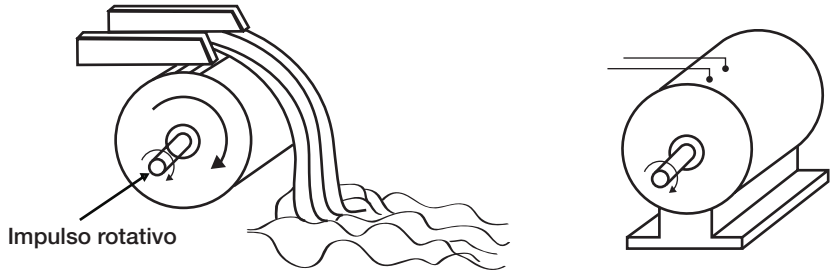
Fuerza x distancia = trabajo

El trabajo en un sistema eléctrico lo estaremos realizando cuando se aplica un voltaje y se produce una *corriente* de electrones.

La gran utilidad de la energía eléctrica está en que puede ser transformada fácilmente en otro tipo de energía, como la mecánica o la térmica. La energía eléctrica es transformable debido a que la diferencia de potencial es lo suficientemente fuerte para provocar choques entre los electrones en movimiento y los átomos del conductor.

Potencia: La *potencia* o energía eléctrica es la rapidez o velocidad con que la energía eléctrica asume otra forma. En un sistema mecánico, la potencia es la rapidez con la que se realiza un trabajo, es decir, la cantidad de trabajo que puede hacerse en una cantidad específica de tiempo.

En un molino de agua, entre más agua fluye, mayor será la velocidad de las vueltas del molino; o entre mayor sea el impulso rotativo ejercitado por su eje (energía cinética), mayor será el trabajo que realiza en un tiempo determinado. Igualmente, mientras mayor sea la potencia o energía eléctrica que va a un motor, mayor será el trabajo que el motor realice en un determinado tiempo.



La *potencia eléctrica*, o sea, el porcentaje en el cual la energía eléctrica se convierte en otra forma de energía, simplemente es la corriente multiplicada por el voltaje.

La unidad de medida de la potencia eléctrica es el *watt* (W), en honor a James Watt.

Un voltaje de 1 volt, al empujar una corriente de 1 ampere, produce 1 watt de potencia.

Potencia = corriente x voltaje

$$P = I \times V$$

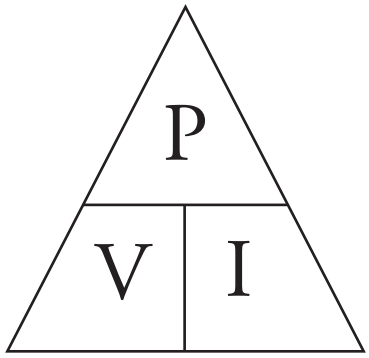
En donde:
P = Potencia en watts [W]
I = Corriente eléctrica en amperes [A]
V = Voltaje o tensión en volts [V]

Formas derivadas de la fórmula de potencia (Ley de Watt). La expresión básica de la Ley de Watt permite determinar la rapidez con la que se realiza el trabajo eléctrico cuando conocemos el voltaje aplicado y la corriente eléctrica. Sin embargo, hay ocasiones en que conocemos la potencia y la corriente eléctrica y tenemos la necesidad de calcular el voltaje aplicado, o bien, puede conocerse la potencia y el voltaje aplicado y debe encontrarse la corriente eléctrica. Nuevamente se debe operar algebraicamente con la ecuación original de la Ley de Watt para obtener ecuaciones derivadas para el voltaje y la corriente.

$$I = \frac{P}{V} \quad \text{o} \quad V = \frac{P}{I}$$

Estas fórmulas no son correctas para toda clase de circuitos.

Hacemos nuevamente referencia al uso del *Triángulo de memoria*, el cual nos sirve para recordar qué operación debemos realizar para calcular potencias, voltajes o corrientes. Para usarlo, se cubre la cantidad que se busca y las partes visibles del triángulo dicen qué forma de la Ley de Watt debe usarse.



$$P = I \times V$$

$$I = \frac{P}{V}$$

$$V = \frac{P}{I}$$

Ejercicios prácticos:

1) ¿Cuál es la corriente que circula por el filamento de una lámpara de 100 watts, conectada a una alimentación de 120 volts?

Solución: Tapamos la letra *I* en el triángulo y nos queda la fórmula:

$$I = \frac{P}{V}$$

En donde:
P = 100 watts
V = 120 volts
I = ?

$$\therefore = \frac{\textbf{100 watts}}{\textbf{120 volts}} \qquad \textbf{I= 0,83 amperes}$$

2) Una plancha demanda 4 amperes de un contacto de alimentación de 127 volts, calcular la potencia consumida.

Solución: Tapamos la letra *P* en el triángulo y nos queda la fórmula:

$$P = I \times V$$

En donde:
P = ?
V = 127 volts
I = 4 amperes

$\therefore$ **P = 4 amperes x 127 voltios** **P= 508 watts**

3) ¿Qué voltaje deberá aplicarse a un tostador de 1270 watts, si en su placa indica que toma una corriente de 10 amperes?

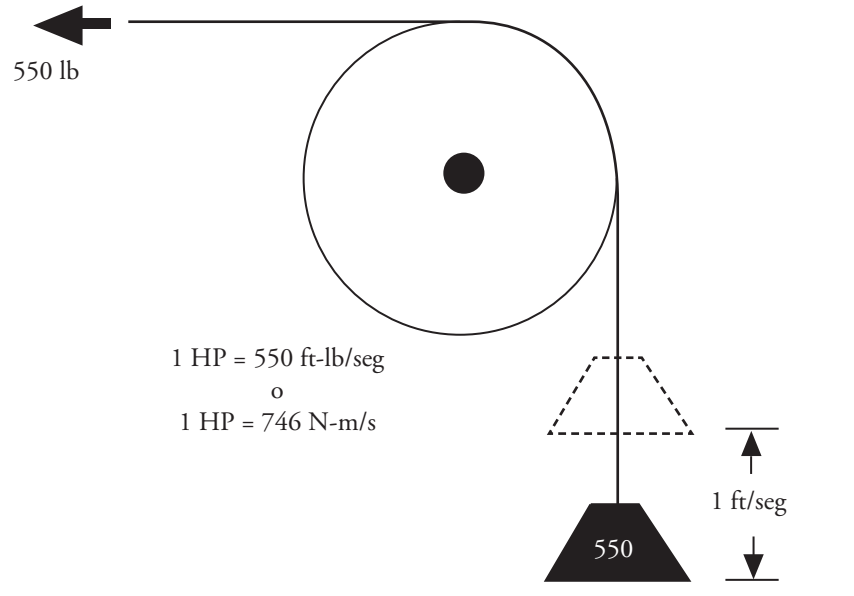
Solución: Tapamos la letra *V* en el triángulo y nos queda la fórmula:

$$\mathbf{V = \frac{P}{I}}$$

En donde:
P = 1 270 watts
V = ?
I = 10 amperes

$$\therefore \quad \mathbf{I = \frac{1\ 270\ watts}{10\ amperes}} \qquad \mathbf{V = 127\ volts}$$

Caballos de potencia (HP). El trabajo mecánico que realiza un motor se mide en términos de caballos de potencia. Un caballo de potencia se define como 550 libras aplicadas durante una distancia de un pie en un segundo. En otras palabras, se necesita 1 HP para levantar 550 lb a la distancia de un pie en un segundo. En el sistema métrico, 1 HP es una fuerza de 746 newtons, aplicados a lo largo de un metro durante un segundo.



1 **caballo de potencia** = 1 HP = 746 watts

Pérdidas de energía

Cuando existe oposición o resistencia al movimiento, parte de la energía cinética de este movimiento se transforma en energía calorífica (calor) sin poder recuperarse; de igual manera ocurre en el movimiento de los electrones ante la resistencia: parte de la energía eléctrica se convierte en calor. El calor es producido por la fricción de los electrones libres en movimiento y los átomos que obstruyen el paso de los electrones.

Las pérdidas de energía por el calor generado en la conducción se describen por medio del efecto joule.

Las pérdidas de energía generalmente se calculan por medio de la fórmula de la Ley de Joule:

$$P = I^2 \times R$$

En donde:
P = potencia en watts [W]
I = corriente eléctrica en amperes [A]
R = resistencia eléctrica en ohms [Ω]

El calor generado es una clara evidencia de que la potencia se usa para producir la corriente eléctrica.

De la Ley de Ohm, conocemos que:

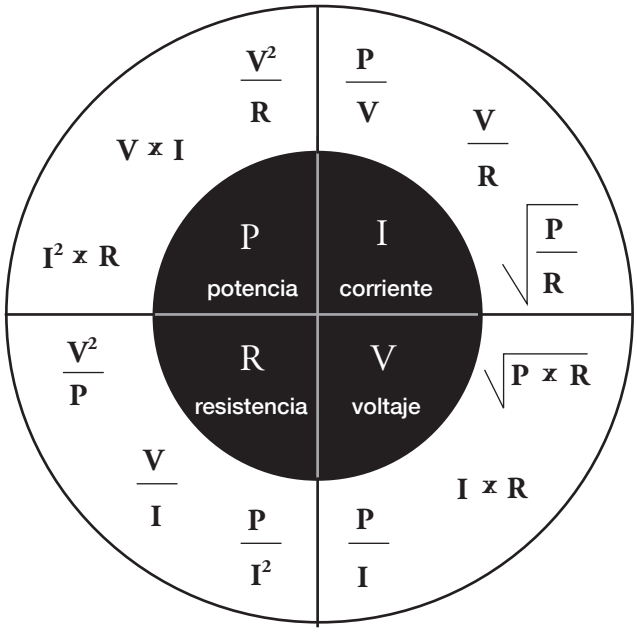
$$I = \frac{V}{R}$$

Esta expresión la podemos sustituir en la fórmula anterior, de modo que:

$$P = \frac{V^2}{R}$$

Relación entre voltaje, corriente, resistencia y potencia

Si se conocen dos de los parámetros eléctricos básicos –voltaje, corriente, resistencia y potencia– es posible calcular los otros dos. El siguiente diagrama resume las relaciones.



En donde:
R = resistencia en ohms
I = corriente en amperes
V = voltaje o tensión en volts
P = potencia en watts

Energía

La energía es un trabajo eléctrico, es decir, la potencia consumida en un lapso determinado.

La energía producida o utilizada por cualquier sistema se determina por medio de la siguiente fórmula:

$$W = P \times t$$

En donde:
W = energía en watts-s [W-s]
P = potencia en watts [W]
t = tiempo en segundos [s]

El watt-s es una cantidad demasiado pequeña para fines prácticos (Sistema de Potencia), por lo que se emplea el watt-hora o kilowatt-hora. El aparato que utilizamos para medir la energía consumida es llamado *watthorímetro*.

Conceptos básicos de circuitos eléctricos

El circuito eléctrico

Podemos comparar la corriente eléctrica con la corriente de agua. Basándonos en un concepto tan familiar para todos, como es la corriente de agua y sus efectos, podemos comprender la corriente eléctrica. Tomando en cuenta esto, a continuación se describen algunas similitudes entre las corrientes de agua y eléctricas:

- El agua usualmente se transmite de un lugar a otro a través de tubos o mangueras. Los tubos o las mangueras tienen un orificio por donde se transporta el agua. La cantidad de agua transmitida está relacionada con el área transversal del orificio: a mayor área, mayor flujo de agua. La pared del tubo o de la manguera tiene la función de evitar que el agua se salga del orificio del tubo. El espesor de la pared está relacionado con la presión que soporta el tubo: a mayor espesor de la pared, el tubo soporta mayor presión. Las unidades que se emplean para medir la corriente de agua son volumen entre tiempo [litros por segundo (l/s)].

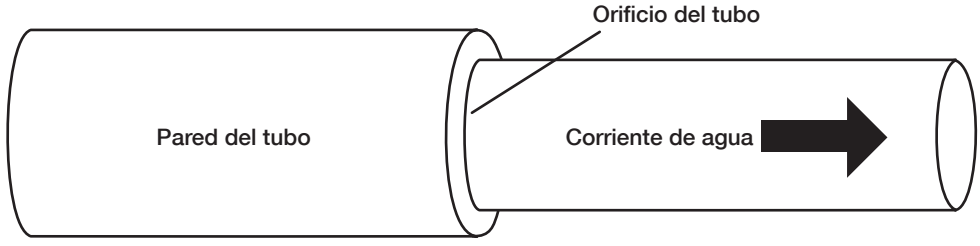


Figura 2.1. Tubo de agua.

La corriente eléctrica (movimiento de cargas eléctricas) se transmite de un lugar a otro a través de cables eléctricos. Los cables eléctricos tienen un conductor metálico (generalmente de cobre o aluminio), que es el que transporta la corriente eléctrica. La cantidad de corriente transmitida está relacionada con el área transversal del metal conductor: a mayor área, mayor corriente eléctrica transmitida. El aislamiento del cable tiene la función de evitar que la corriente eléctrica se salga del conductor metálico. El espesor de aislamiento está relacionado con la tensión eléctrica que soporta el cable: a mayor espesor de aislamiento, el cable soporta mayor tensión eléctrica. Las unidades que se emplean para medir la corriente eléctrica son *carga eléctrica entre tiempo* [coulombs por segundo (C/s), a lo que se le llama *ampere*].

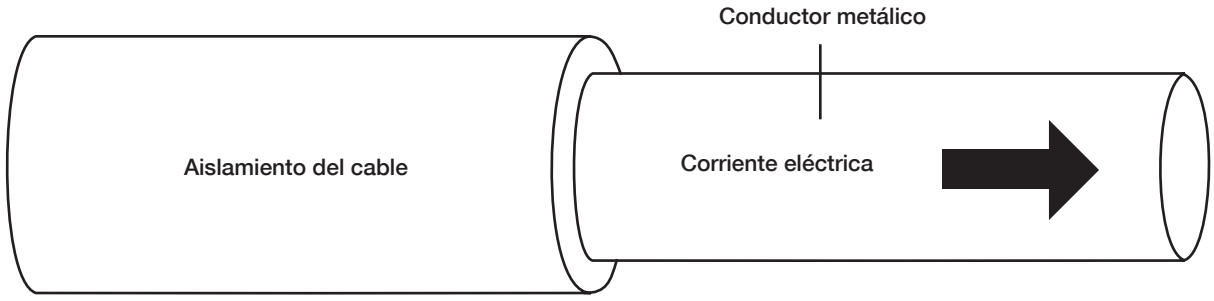


Figura 2.2. Cable eléctrico.

Para que el agua se transmita de un lugar a otro, se requiere que exista una diferencia de presión entre los dos lugares y que estén unidos mediante un tubo o manguera. Las unidades que se emplean para medir la presión son *fuerza entre área* [newtons por metro cuadrado (N/m^2), a lo que se le llama *pascal*].

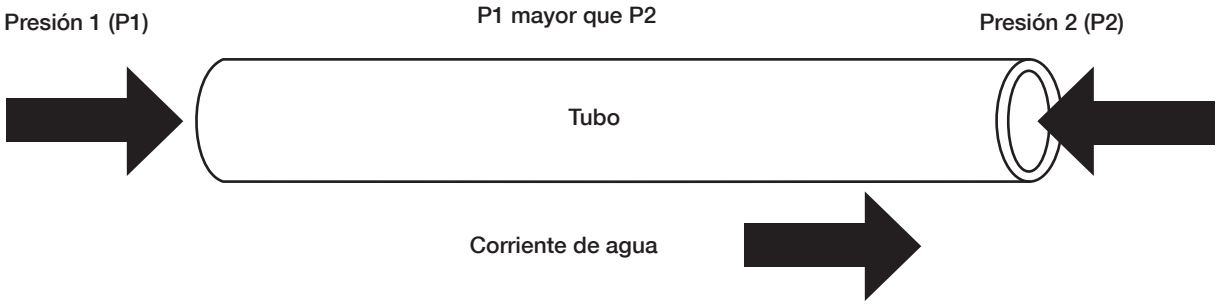


Figura 2.3. Diferencia de presión en un tubo de agua.

Para que la corriente eléctrica se transmita de un lugar a otro, se requiere que exista una diferencia de tensión o voltaje entre los dos lugares y que estén unidos mediante un cable. Las unidades que se emplean para medir la tensión eléctrica son los volts.

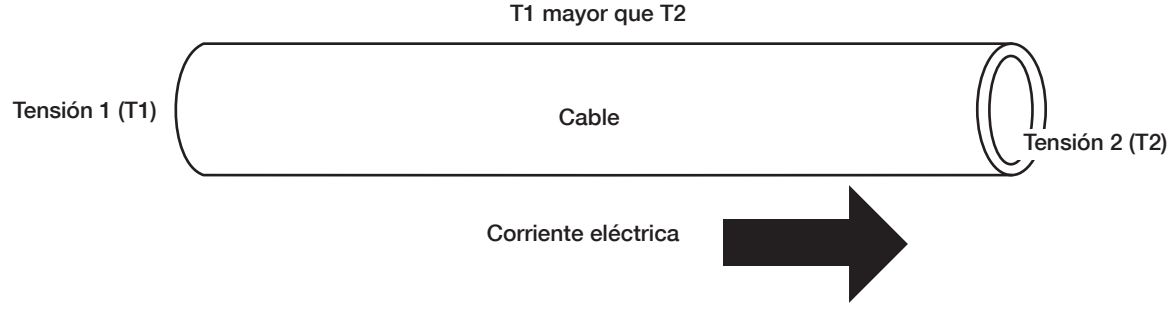


Figura 2.4. Diferencia de tensión en un cable eléctrico.

Tomando en cuenta lo anterior, podemos hacer una comparación entre un circuito cerrado de agua y un circuito eléctrico.

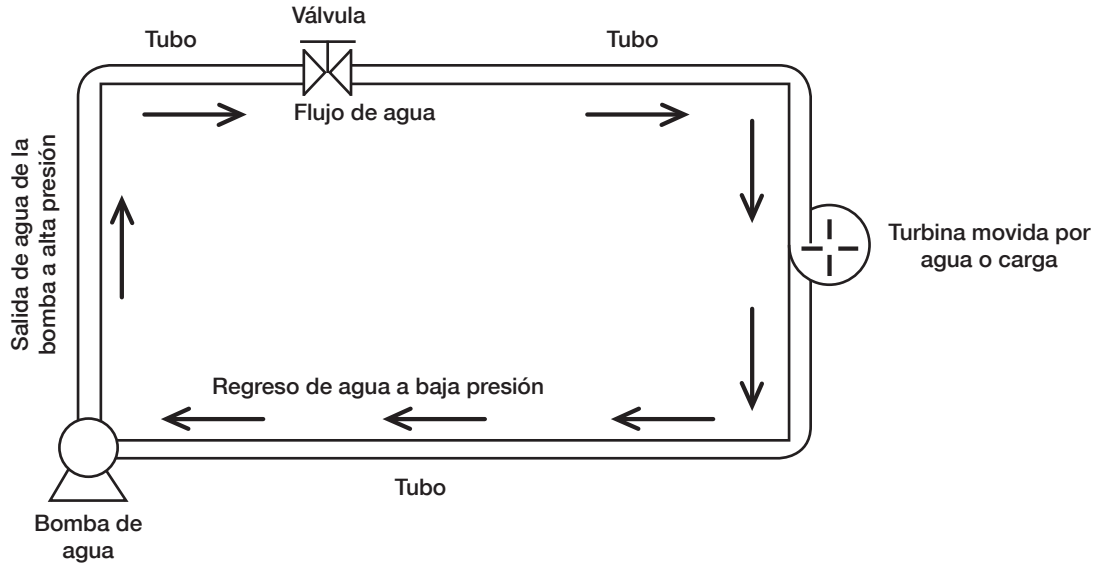


Figura 2.5. Circuito cerrado de agua.

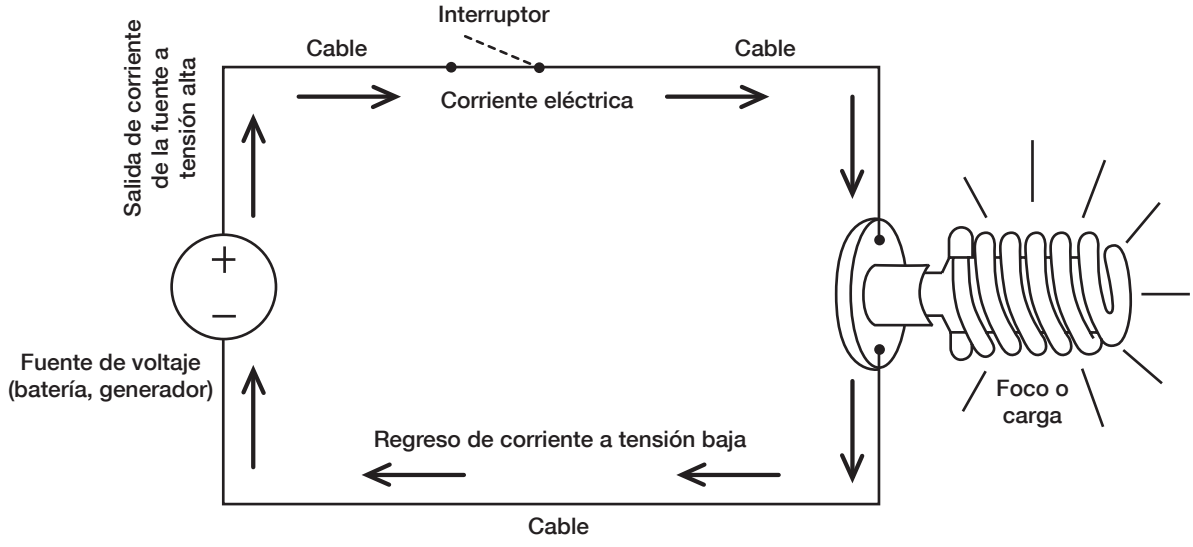


Figura 2.6. Circuito eléctrico.

En las figuras 2.5 y 2.6, pueden apreciarse las siguientes semejanzas:

- En el circuito de agua, la presión del agua es elevada por medio de una bomba.
- En el circuito eléctrico, el voltaje es elevado por la fuente.
- En el circuito de agua, ésta es transmitida por medio de tubos.
- En el circuito eléctrico, la corriente es transmitida por medio de cables.
- En el circuito de agua, la presión es usada para mover una turbina.
- En el circuito eléctrico, el voltaje es usado para alimentar una carga, por ejemplo para encender un foco o para mover un motor.
- En el circuito de agua, ésta pierde presión después de pasar por la carga.
- En el circuito eléctrico, la corriente pierde tensión después de pasar por la carga.
- En el circuito de agua, ésta también pierde presión al pasar por los tubos. La pérdida de presión en el tubo depende del área transversal del orificio y de la longitud del tubo: a menor área transversal del orificio del tubo, mayor pérdida o caída de presión; a mayor longitud del tubo, mayor pérdida o caída de presión.

- En el circuito eléctrico, la corriente también pierde tensión al pasar por los cables. La pérdida de tensión en el cable depende del área transversal del conductor metálico y de la longitud del cable: a menor área transversal del conductor metálico, mayor pérdida o caída de tensión; a mayor longitud del cable, mayor pérdida o caída de tensión.
- Para interrumpir el flujo, en el circuito de agua se emplea una válvula.
- Para interrumpir la corriente, en el circuito eléctrico se emplea un interruptor.

En la figura anterior se presentan algunas de las principales partes de un circuito eléctrico, que son:

- La fuente generadora de tensión o electricidad. Ésta puede ser un generador, una batería, la salida de un transformador o la alimentación de la compañía suministradora de electricidad (Comisión Federal de Electricidad).
- El medio de transmisión de electricidad, que son los cables.
- La carga, que es donde se utiliza la electricidad; puede ser un motor, un foco, una lavadora, una televisión, una computadora, etcétera.
- El medio de desconexión de la electricidad, que se conoce como interruptor.

Leyes de Kirchoff, de conservación de la corriente y tensión en circuitos

Primera Ley o Ley de Conservación de la Corriente

En cualquier punto de un circuito, la suma de las corrientes que llegan al punto es igual a la suma de las corrientes que salen del punto.

Un punto en el circuito también es conocido como *nodo*, y puede ser donde se unen dos o más cables, pero puede ser también un punto cualquiera en un cable. En un circuito eléctrico, también la corriente que entra a una carga es igual a la que sale de ella.

En la figura 2.7 se muestra el significado de esta ley:

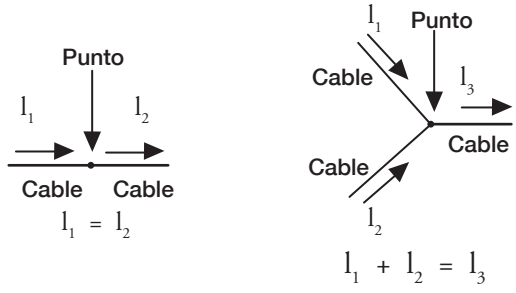
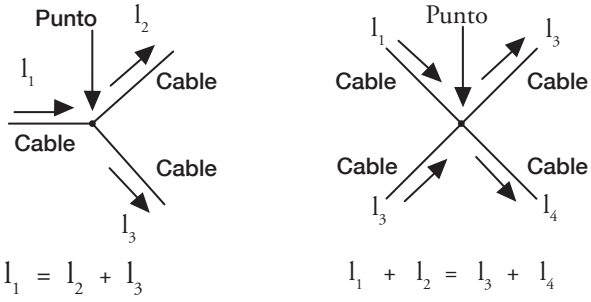


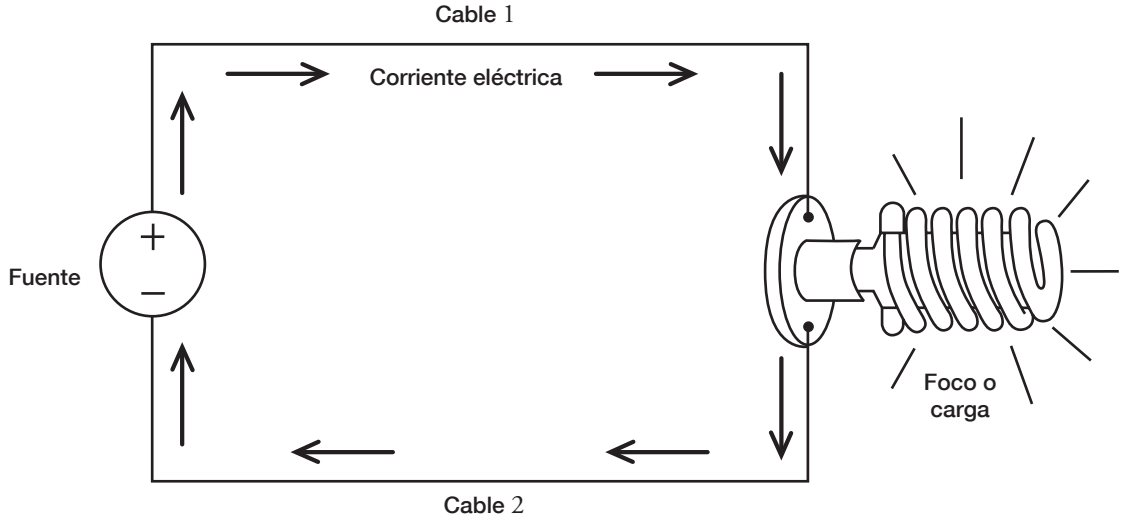
Figura 2.7. Ejemplos de la Ley de Conservación de la Corriente.



I_1, I_2, I_3, I_4 = Corrientes eléctricas que entran o salen de un punto en un circuito

Segunda Ley o Ley de Conservación de la Tensión

En cualquier circuito cerrado, la suma de las tensiones eléctricas de los elementos pasivos de un circuito, como son los conductores y las cargas, es igual a la tensión eléctrica del elemento activo o fuente.



$$V_f = V_1 + V_2 + V_c$$

Figura 2.8. Ley de Conservación de la Tensión.

Donde:
V_f = Tensión de la fuente
V_1 = Tensión del cable 1
V_c = Tensión de la carga o foco
V_2 = Tensión del cable 2

En corriente directa, la tensión de un cable o una carga está dada por la Ley de Ohm, que se explicó con anterioridad y la cual se expresa en la siguiente fórmula:

$$V = RI \qquad \textbf{(2.1)}$$

Donde:
V = Tensión del cable o carga en volts [V]
R = Resistencia eléctrica del cable o carga en ohms [Ω]
I = Corriente eléctrica que pasa por el cable o carga en amperes [A]

En corriente alterna se emplea una fórmula muy parecida a la anterior para la tensión de un cable o carga, reemplazando la resistencia *R* por la impedancia *Z*:

$$V = ZI \qquad \textbf{(2.2)}$$

Donde:
V = Tensión del cable o carga en volts
Z = Impedancia eléctrica del cable o carga en ohms
Para el caso de los cables, está dada por la siguiente fórmula:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} \qquad \textbf{(2.3)}$$

Donde:
R = Resistencia eléctrica del cable a la corriente alterna en ohms
X_L = Reactancia inductiva del cable en ohms

Un análisis profundo de la impedancia se sale de los alcances de este documento. Por el momento sólo vamos a analizar circuitos para los cuales la impedancia es igual a la resistencia, es decir, que cumplen con la Ley de Ohm y pueden ser tratados como circuitos de corriente directa. Vamos a dejar el aspecto de la impedancia para un capítulo posterior únicamente para calcular las caídas de tensión en cables de circuitos de corriente alterna.

Cálculo de tensiones y corrientes en circuitos

En esta sección vamos a calcular las corrientes y tensiones de algunos circuitos empleando la Ley de Ohm y las leyes de Kirchoff.

Circuitos en serie

Se le llama *circuito en serie* a un circuito como el de la figura 2.9, en el cual la corriente que pasa por todas las resistencias es la misma, debido a la Primera Ley de Kirchoff. En esta figura las resistencias R_1 y R_3 pueden representar a los cables que conectan una carga –por ejemplo un foco– y la carga sería la resistencia R_2. A continuación, vamos a calcular la corriente y las tensiones de cada una de las resistencias de la figura 2.9:

- Por la Segunda Ley de Kirchoff, tenemos que la suma de las tensiones de cada resistencia debe ser igual a la tensión de la fuente; y por la Ley de Ohm, la tensión de cada resistencia es igual a la corriente que pasa por ella, multiplicada por su resistencia:

$$\mathbf{V_f = V_1 + V_2 + V_3}$$

Donde:
V_1 = Tensión de la resistencia $R_1 = I\ R_1$
V_2 = Tensión de la resistencia $R_2 = I\ R_2$
V_3 = Tensión de la resistencia $R_3 = I\ R_3$

$$\mathbf{V_f = I\ R_1 + I\ R_2 + I\ R_3}$$

$$\mathbf{V_f = I\ (R_1 + R_2 + R_3)}$$

$$\mathbf{35\ V = I\ (2\ \Omega + 10\ \Omega + 2\ \Omega)}$$

$$\mathbf{35\ V = I\ (14\ \Omega)}$$

Despejando tenemos:

$$\mathbf{I = 35\ V / 14\ \Omega = 2{,}5\ A}$$

Y la tensión que se cae en cada resistencia queda:

$$\mathbf{V_1 = I\ R_1 = 2{,}5\ A\ (2\ \Omega) = 5\ V}$$

$$\mathbf{V_2 = I\ R_2 = 2{,}5\ A\ (10\ \Omega) = 25\ V}$$

$$\mathbf{V_3 = I\ R_3 = 2{,}5\ A\ (2\ \Omega) = 5\ V}$$

Como era de esperarse, por la Segunda Ley de Kirchoff, la suma de las tensiones de las resistencias da como resultado la tensión de la fuente:

$$\mathbf{V_1 + V_2 + V_3 = 5\ V + 25\ V + 5\ V = 35\ V = V_f}$$

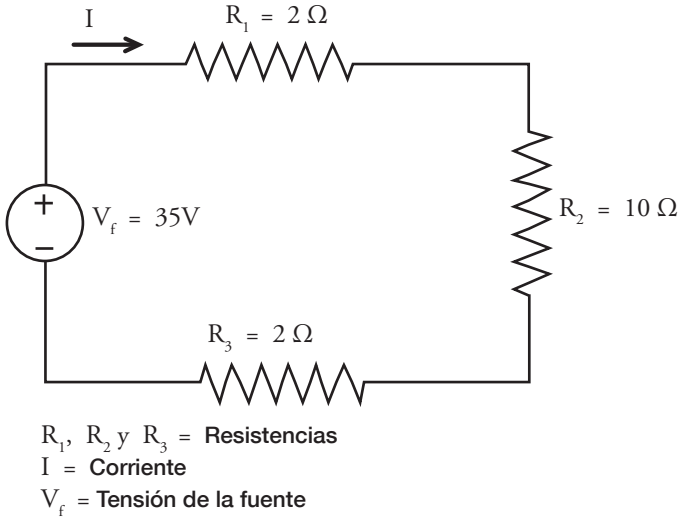


Figura 2.9. Circuito con resistencias en serie.

Circuitos en paralelo

Se le llama circuito en paralelo a un circuito como el de la figura 2.10, en el cual la tensión de cada resistencia es la misma, debido a la Segunda Ley de Kirchoff. En esta figura las resistencias R_1, R_2 y R_3 pueden representar cargas si se desprecia la resistencia de los cables de conexión, por ejemplo unos aparatos eléctricos conectados a contactos o receptáculos, los cuales se conectan en paralelo. A continuación, vamos a determinar la tensión y la corriente en cada una de las resistencias de la figura 2.10:

- Por la Segunda Ley de Kirchoff, tenemos que la tensión de cada resistencia debe ser igual a la tensión de la fuente; y por la Ley de Ohm, la corriente que pasa por cada resistencia es igual a su tensión dividida entre su resistencia:

$$\mathbf{V_f = V_1 = V_2 = V_3}$$

Donde:
V_1 = Tensión de la resistencia $R_1 = I_1 R_1$
V_2 = Tensión de la resistencia $R_2 = I_2 R_2$
V_3 = Tensión de la resistencia $R_3 = I_3 R_3$

$$I_1 R_1 = V_1$$
$$I_2 R_2 = V_2$$
$$I_3 R_3 = V_3$$

Despejando tenemos:

$$\mathbf{I_1 = \frac{V_1}{}}$$

$$\mathbf{I_2 = \frac{V_2}{}}$$

$$\mathbf{I_3 = \frac{V_3}{}}$$

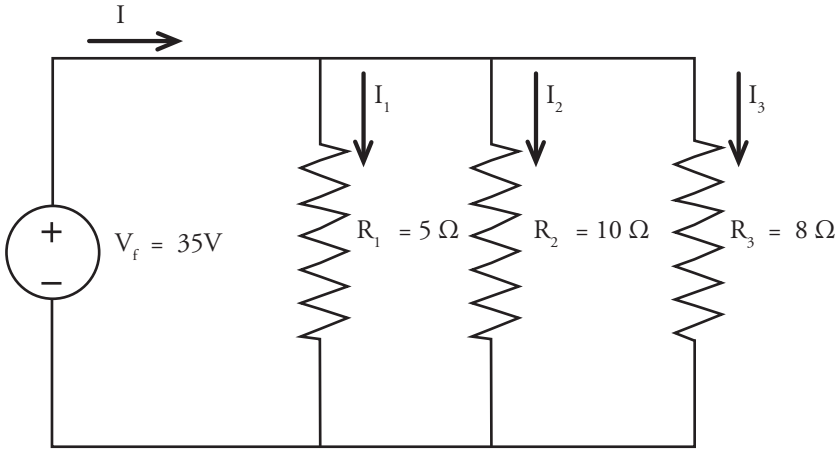
I_1 = 35 V / 5 Ω = 7 A

I_2 = 35 V / 10 Ω = 3,5 A

I_3 = 35 V / 8 Ω = 4,38 A

Sumando todas las corrientes que pasan por las resistencias, obtenemos la corriente total *I* que proporciona la fuente:

$I = I_1 + I_2 + I_3 = 7\ A + 3{,}5\ A + 4{,}38\ A = 14{,}88\ A$



R_1, R_2 y R_3 = **Resistencias**
V_f = **Tensión de la fuente**
I = **Corriente total**
I_1, I_2, I_3 = **Corrientes de las resistencias** 1, 2 y 3

Figura 2.10. Circuito con resistencias en paralelo

Equivalentes de resistencias en serie y en paralelo

Cuando existen varias resistencias en serie o en paralelo es posible sustituirlas por una sola resistencia equivalente, para simplificar el circuito y facilitar los cálculos. Por ejemplo, en los dos cálculos anteriores pueden sustituirse las resistencias por la equivalente, lo que da como resultado un circuito, que se muestra en la figura 2.11. El valor de la resistencia equivalente se obtiene en las dos fórmulas siguientes, dependiendo de si las resistencias están en serie o en paralelo.

- Fórmula para la resistencia equivalente de resistencias en serie:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \cdots + R_n \qquad (2.4)$$

Donde:
R_1, R_2, R_3, R_n = Resistencias que están en serie en ohm.
R_{eq} = Resistencia equivalente a las resistencias en serie en ohm.

- Fórmula para la resistencia equivalente de resistencia en paralelo:

$$R_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \cdots + \frac{1}{R_n}} \qquad (2.5)$$

Donde:
R_1, R_2, R_3, R_n = Resistencias que están en paralelo en ohm.
R_{eq} = Resistencia equivalente a las resistencias en paralelo en ohm.

A modo de ejemplo vamos a volver a calcular la corriente que proporciona la fuente en los circuitos de las figuras 2.9 y 2.10 empleando las resistencias equivalentes:
a) Circuito de la figura 2.9:

$$R_{eq} = 2\ \Omega + 10\ \Omega + 2\ \Omega = 14\ \Omega$$

Observando el circuito de la figura 2.1, por la Segunda Ley de Kirchoff y la Ley de Ohm, tenemos:

$$V_f = I\, R_{eq}$$

Despejando **I**:

$$I = \frac{V_f}{R_{eq}}$$

$$I = \frac{35\ V}{14\ \Omega} = 2{,}5\ A$$

Como se puede observar, se obtiene el mismo resultado que el calculado anteriormente.
b) Circuito de la figura 2.10:

$$\mathbf{R_{eq} = \frac{1}{1/(5\ \Omega) + 1/(10\ \Omega) + 1/(8\ \Omega)} = 2{,}352\ \Omega}$$

Observando el circuito de la figura 2.11, por la Segunda Ley de Kirchoff y la Ley de Ohm, tenemos:

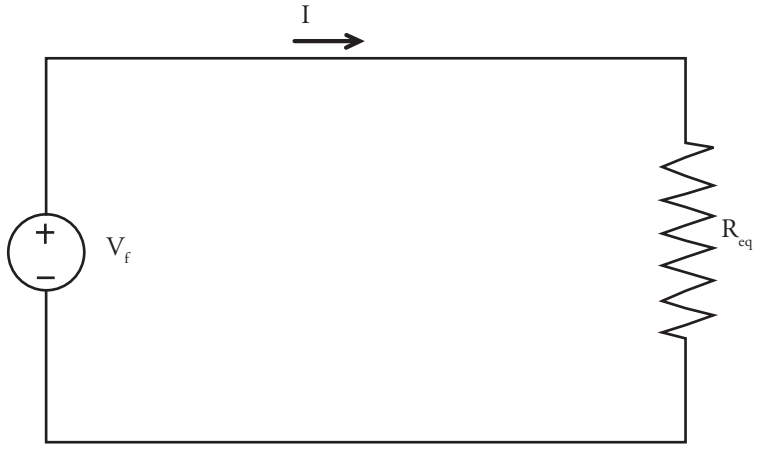
$$\mathbf{V_f = I\ R_{eq}}$$

Despejando I:

$$\mathbf{I = \frac{V_f}{R_{eq}}}$$

$$\mathbf{I = \frac{35\ V}{2{,}352\ \Omega} = 14{,}88\ A}$$

Como se puede observar, se obtiene el mismo resultado que el calculado anteriormente.



R_{eq} = **Resistencia equivalente**
V_f = **Tensión de la fuente**
I = **Corriente proporcionada por la fuente**

Figura 2.11. Circuito equivalente de resistencias en serie o en paralelo.

Usando las resistencias equivalentes, pueden simplificarse circuitos más complicados, como el que se muestra en la figura 2.12. A modo de ejemplo, vamos a obtener la corriente que proporciona la fuente en este circuito, empleando resistencias equivalentes.

- Primero calculamos la resistencia equivalente del paralelo de las resistencias R_3, R_4 y R_5 y la llamamos R_{eq1}:

$$\mathbf{R_{eq1} = \frac{1}{1/(4\ \Omega) + 1/(2\ \Omega) + 1/(8\ \Omega)} = 1{,}143\ \Omega}$$

- El circuito equivalente se muestra en la figura 2.13. En este circuito las resistencias R_1, R_2 y R_{eq1} se encuentran en serie. Calculamos la resistencia equivalente de este circuito, a la cual llamamos R_{eq2}, y da como resultado:

$$\mathbf{R_{eq2} = 2\ \Omega + 5\ \Omega + 1{,}143\ \Omega = 8{,}143\ \Omega}$$

- El circuito equivalente se muestra en la figura 2.14. Para calcular la corriente que proporciona la fuente, empleamos la Segunda Ley de Kirchoff y la Ley de Ohm:

$$\mathbf{V_f = I\ R_{eq2}}$$

Despejando I:

$$\mathbf{I = \frac{V_f}{R_{eq2}}}$$

$$\mathbf{I = \frac{50\ V}{8{,}143\ \Omega} = 6{,}14\ A}$$

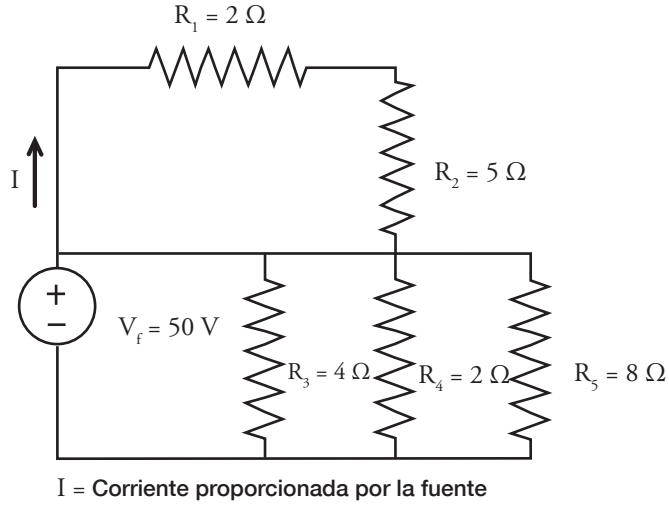


Figura 2.12. Circuito con cinco resistencias.

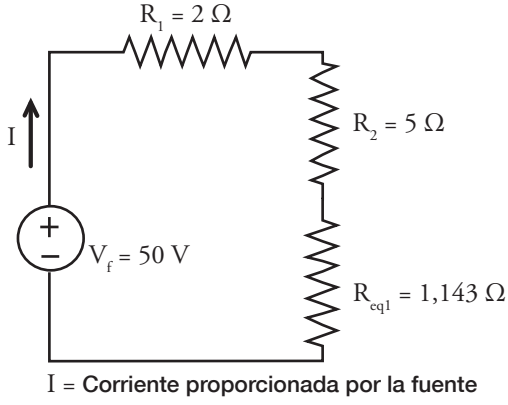


Figura 2.13. Circuito con la resistencia equivalente del paralelo de la figura 2.12.

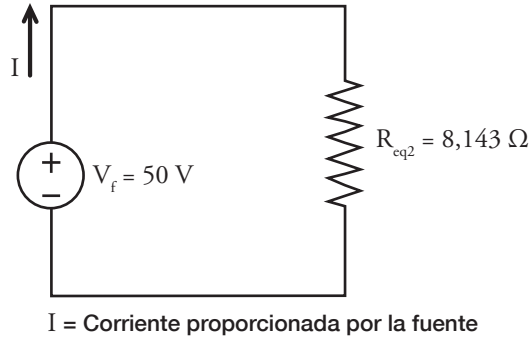


Figura 2.14. Resistencia equivalente del circuito de la figura 2.12.

Circuitos monofásicos y trifásicos

En corriente alterna los circuitos pueden ser de una o más fases. Cuando son de una fase se les llama *monofásicos* y cuando son de tres fases se les llama *trifásicos*. En la figura 2.15 se muestra un circuito monofásico. Se reemplazaron los signos positivo y negativo de la fuente por el signo de onda senoidal, ya que en corriente alterna la polaridad cambia de positivo a negativo constantemente. En la figura 2.16 se muestra cómo varía con el tiempo el voltaje o la corriente senoidal en el circuito monofásico.

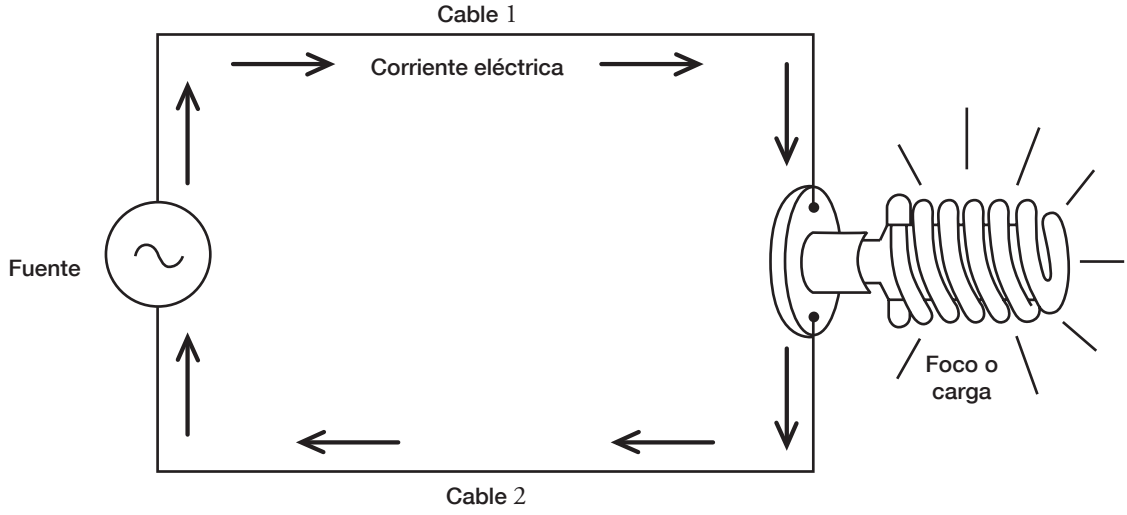


Figura 2.15. Circuito monofásico de corriente alterna.

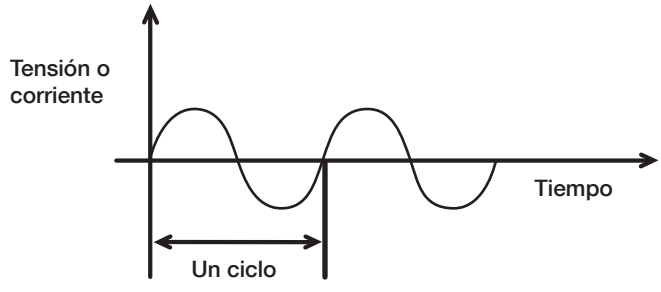


Figura 2.16. Voltaje o corriente en un circuito monofásico.

Existen dos tipos de circuitos trifásicos: con conexión en estrella, como el de la figura 2.17, y con conexión en delta, como el de la figura 2.18. Como se puede apreciar en las figuras, un circuito trifásico es como tener tres circuitos, cada uno con una fuente de voltaje y una carga, y conectados entre sí. Para diferenciar a los cables de los circuitos trifásicos, se les da el nombre de fase A, fase B y fase C. Los voltajes de cada fuente son de la misma magnitud y están desfasados como se muestra en la figura 2.19. El significado de las curvas en la figura 2.19 es el siguiente:

- Curva 1:
    - Circuitos con conexión en estrella: voltaje de la fuente de la fase A.
    - Circuitos con conexión en delta: voltaje de la fuente de la fase AB.

- Curva 2:
    - Circuitos con conexión en estrella: voltaje de la fuente de la fase B.
    - Circuitos con conexión en delta: voltaje de la fuente de la fase BC.

- Curva 3:
    - Circuitos con conexión en estrella: voltaje de la fuente de la fase C.
    - Circuitos con conexión en delta: voltaje de la fuente de la fase CA.

En esta figura, la gráfica también puede representar las corrientes en los cables de cada fase, tanto en la conexión en estrella como en delta, siempre y cuando el circuito esté balanceado, es decir, que las tres cargas sean iguales.

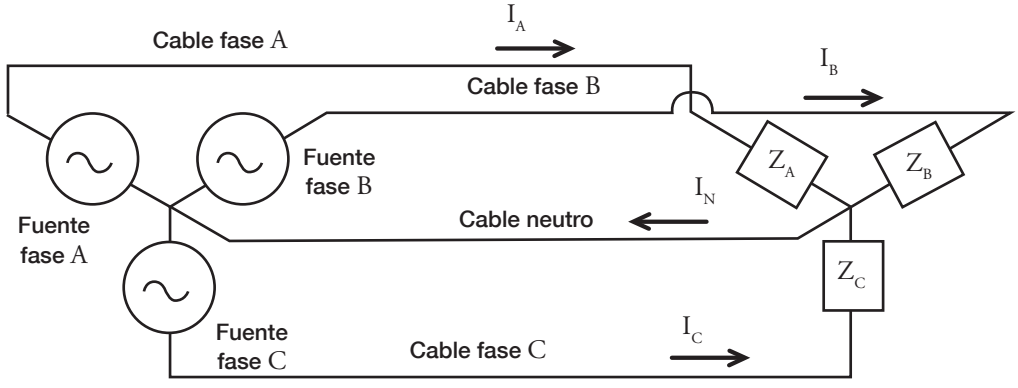


Figura 2.17. Circuito trifásico de corriente alterna con conexión en estrella.

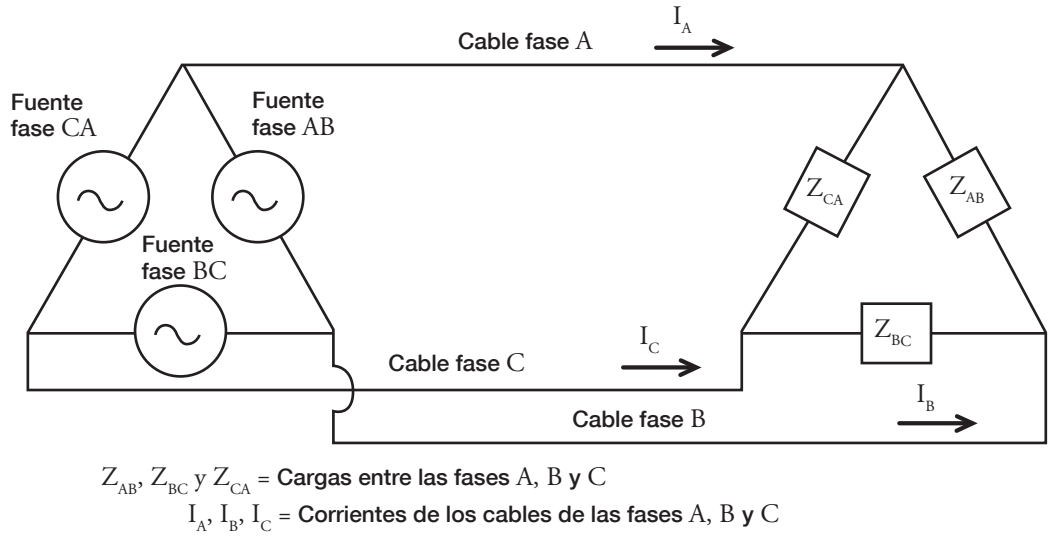


Figura 2.18. Circuito trifásico de corriente alterna con conexión en delta.

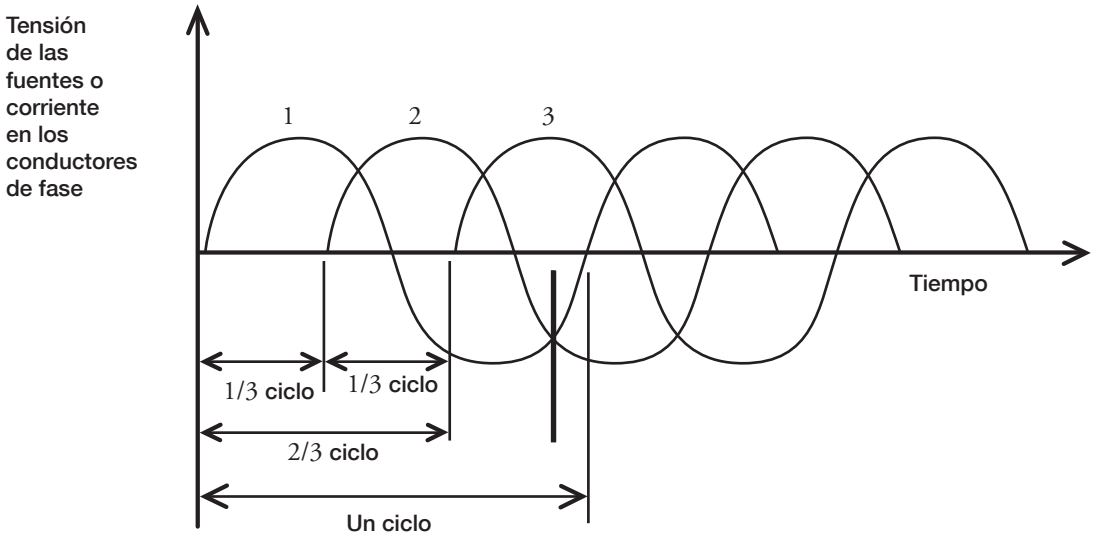
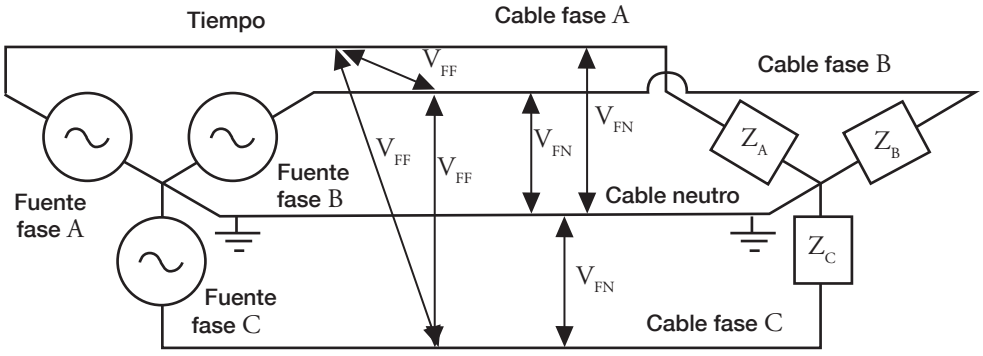


Figura 2.19. Voltajes o corrientes en un sistema trifásico balanceado.

Para circuitos con conexión en estrella, si el circuito está balanceado, la corriente que circula por el neutro es cero; en caso contrario, la corriente que circula por el neutro depende del desbalanceo, es decir, de la diferencia que exista en las cargas de las fases A, B y C.

En la figura 2.20 se muestra la relación que existe entre la magnitud de los voltajes entre los conductores de fase o voltaje de fase a fase, y la magnitud de los voltajes entre los conductores de fase y el neutro, llamado *voltaje de fase a neutro*, para los circuitos con conexión en estrella. Por ejemplo, a las casas llegan dos conductores de la compañía suministradora: uno es una fase y el otro es el neutro de un sistema con conexión en estrella. El voltaje en las casas es de 127 V y es un voltaje de fase a neutro. El circuito trifásico que origina los circuitos que alimentan las casas tiene un voltaje de fase a fase de 1,73 x 127 V = 220 V.



Z_A, Z_B y Z_C = **Cargas de las fases** A, B y C

V_{FF} = **Voltaje entre las fases o de fase a fase**

V_{FN} = **Voltaje de fase a neutro**

$$\mathbf{V_{FN} = \frac{V_{FF}}{1{,}73}}$$

Figura 2.20. Relación entre voltajes en un circuito trifásico con conexión en estrella.

En un circuito trifásico se considera que las tres fuentes son una sola y ésta puede ser, por ejemplo, un generador trifásico o un transformador trifásico. En estos circuitos puede haber cargas trifásicas –por ejemplo motores que estén conectados a los tres cables de fase– en lugar de cargas independientes conectadas entre cada conductor de fase y el neutro, en sistemas en estrella; o entre las fases, en sistemas en delta.

Sobrecorrientes

En los circuitos eléctricos pueden presentarse sobrecorrientes, es decir, corrientes mayores a las que soportan los equipos y cables, las cuales dañan a dichos equipos y cables porque producen un sobrecalentamiento debido al *efecto Joule*, que se mencionó anteriormente y que está descrito por la siguiente fórmula:

$$\mathbf{Q = I^2R} \qquad \textbf{(2.6)}$$

Donde:
Q = Pérdida de energía en forma de calor en el equipo o cable en watts
I = Corriente que pasa por el equipo o cable en amperes
R = Resistencia eléctrica del equipo o del cable en ohms

Existen dispositivos que protegen a los equipos y a los circuitos contra sobrecorrientes, para evitar que se sobrecalienten y sus elementos se dañen.

Las sobrecorrientes son producidas por tres causas: sobrecargas, cortocircuitos y fallas a tierra.

Sobrecargas

Son corrientes generalmente continuas, producidas por operar equipos o circuitos a valores más altos que su capacidad máxima de corriente. Un ejemplo de esto es conectar muchos equipos, como planchas, lámparas, televisiones, etcétera, a una toma de corriente o receptáculo, excediendo la capacidad de conducción de corriente del circuito. En la figura 2.21 se muestra un ejemplo de una sobrecarga en un circuito:

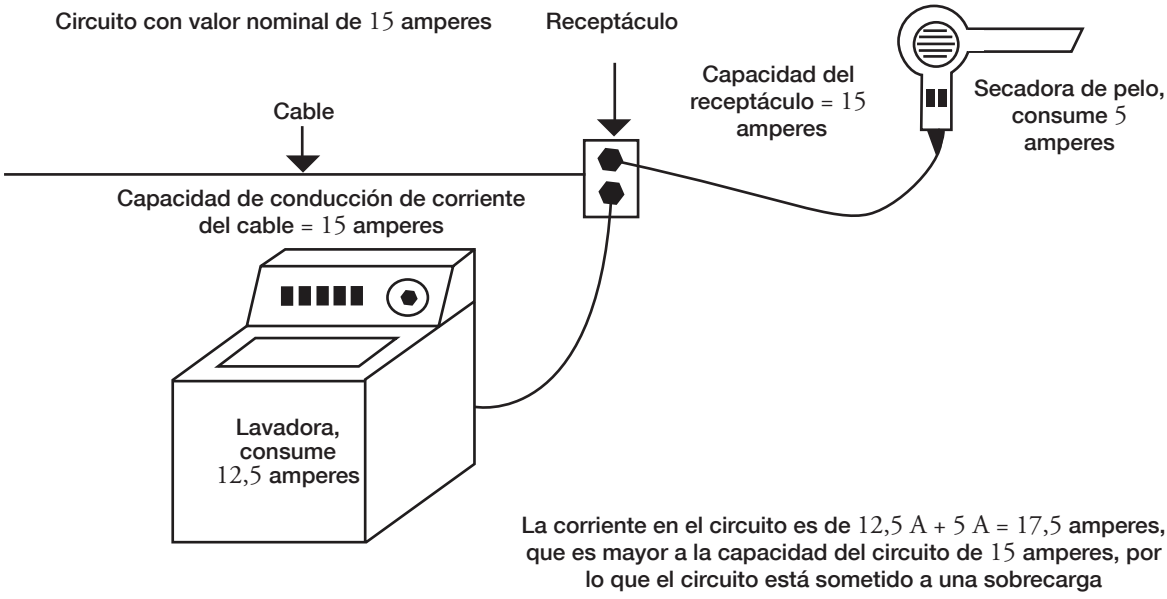

Circuito con valor nominal de 15 amperes
Receptáculo
Capacidad del receptáculo = 15 amperes
Secadora de pelo, consume 5 amperes
Cable
Capacidad de conducción de corriente del cable = 15 amperes
Lavadora, consume 12,5 amperes
La corriente en el circuito es de 12,5 A + 5 A = 17,5 amperes, que es mayor a la capacidad del circuito de 15 amperes, por lo que el circuito está sometido a una sobrecarga

Figura 2.21. Ejemplo de una sobrecarga en un circuito.

Cortocircuitos

Es un contacto producido entre dos o más conductores de un circuito, provocado por una falla del aislamiento que existe entre ellos. Como su nombre lo indica, la corriente sigue un camino más corto, es decir, se crea un circuito de mucha menor resistencia, lo que produce que la corriente se eleve a valores muy altos, debido a la Ley de Ohm:

$$I = \frac{V}{R} \qquad (2.7)$$

Donde:
I = Corriente que circula por el circuito en amperes
V = Tensión que proporciona la fuente al circuito en volts
R = Resistencia del circuito corto en ohms

En la figura 2.22 se muestra un ejemplo de un cortocircuito.

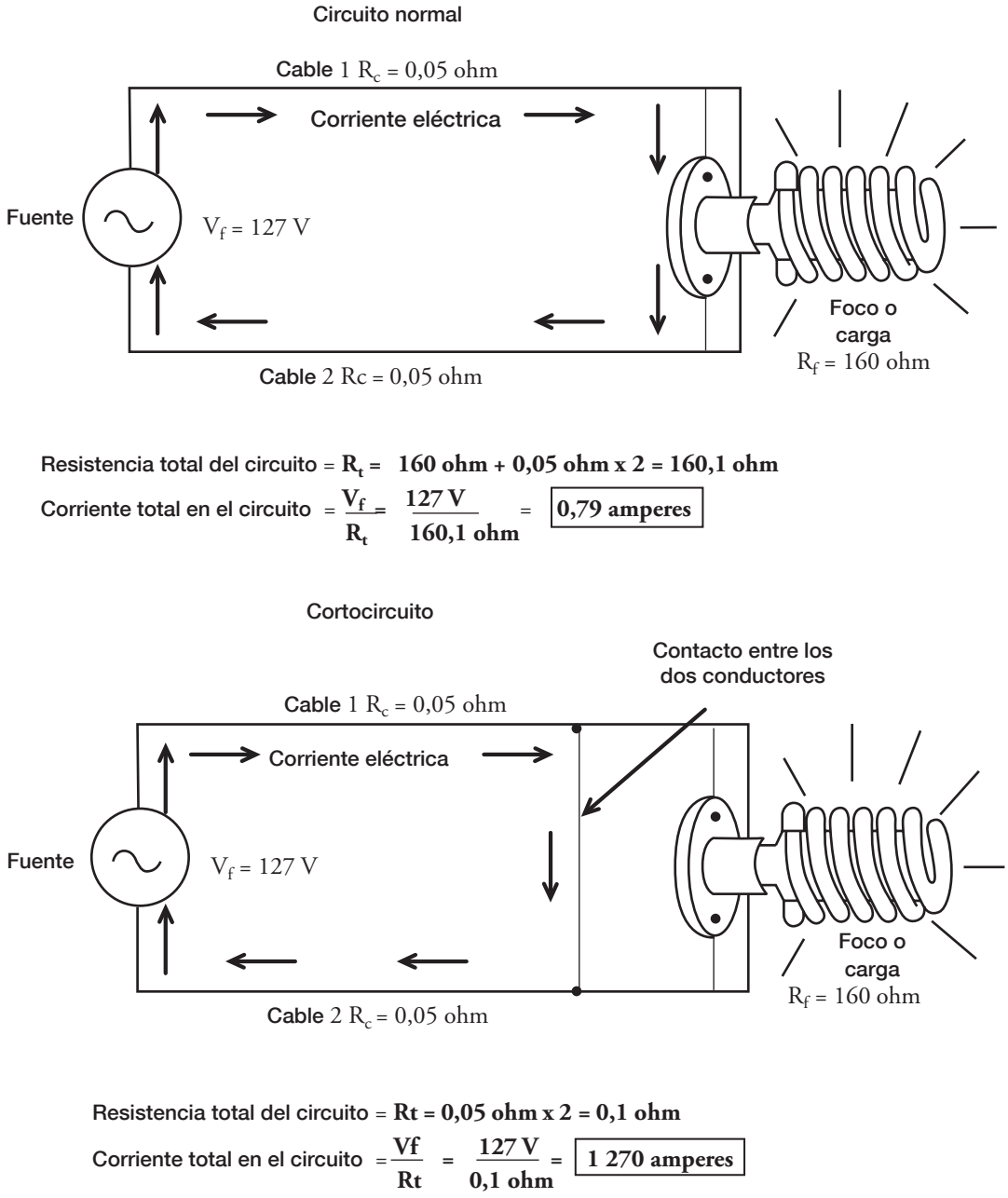

Circuito normal
Cable 1 R_c = 0,05 ohm
Corriente eléctrica
Fuente
V_f = 127 V
Foco o carga
R_f = 160 ohm
Cable 2 Rc = 0,05 ohm
Resistencia total del circuito = R_t = 160 ohm + 0,05 ohm x 2 = 160,1 ohm
Corriente total en el circuito = $\frac{V_f}{R_t} = \frac{127\ V}{160{,}1\ ohm}$ = 0,79 amperes
Cortocircuito
Contacto entre los dos conductores
Cable 1 R_c = 0,05 ohm
Corriente eléctrica
Fuente
V_f = 127 V
Foco o carga
R_f = 160 ohm
Cable 2 R_c = 0,05 ohm
Resistencia total del circuito = Rt = 0,05 ohm x 2 = 0,1 ohm
Corriente total en el circuito = $\frac{Vf}{Rt} = \frac{127\ V}{0{,}1\ ohm}$ = 1 270 amperes

Figura 2.22. Ejemplo de un cortocircuito.

Fallas a tierra

Son contactos que se producen entre un conductor en tensión eléctrica o vivo y una parte metálica de un equipo o de cualquier objeto, la cual no está diseñada para conducir corriente en condiciones normales. El contacto es provocado por una falla del aislamiento que existe entre la parte metálica y el conductor con tensión. Este tipo de fallas pueden ser muy peligrosas, como se aprecia en la figura 2.23.

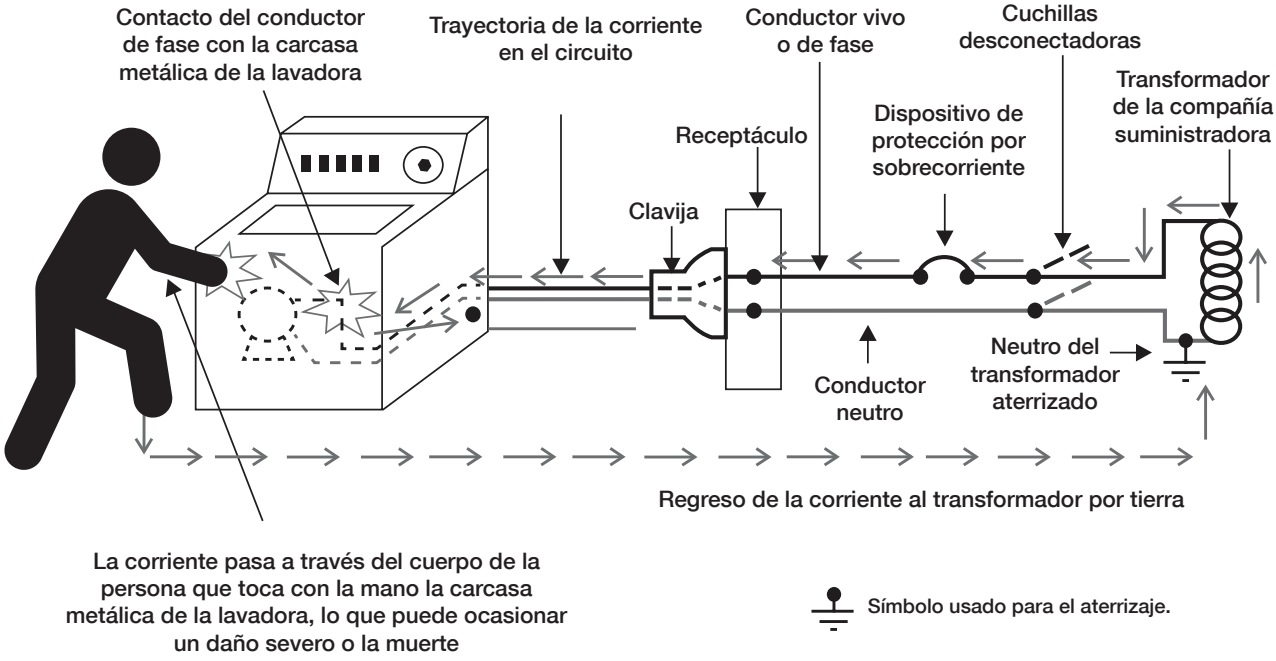

Contacto del conductor de fase con la carcasa metálica de la lavadora
Trayectoria de la corriente en el circuito
Conductor vivo o de fase
Cuchillas desconectadoras
Transformador de la compañía suministradora
Receptáculo
Dispositivo de protección por sobrecorriente
Clavija
Neutro del transformador aterrizado
Conductor neutro
Regreso de la corriente al transformador por tierra
La corriente pasa a través del cuerpo de la persona que toca con la mano la carcasa metálica de la lavadora, lo que puede ocasionar un daño severo o la muerte
Símbolo usado para el aterrizaje.

Figura 2.23. Peligro de una falla a tierra en un sistema no aterrizado correctamente.

Para evitar que la corriente pase a través del cuerpo de una persona cuando se produce una falla a tierra, se aterrizan las partes metálicas o conductoras de electricidad de los equipos –o de cualquier objeto– que no están diseñadas para conducir corriente en condiciones normales y que tienen riesgo de entrar en contacto con conductores vivos o de fase (véase la figura 2.24).

Aterrizar significa conectar eléctricamente, por medio del conductor de tierra, a la tierra física. Esta conexión a la tierra física se lleva a cabo a través de un electrodo enterrado en ella, el cual es llamado *electrodo de puesta a tierra*.

El aterrizaje o conexión a tierra también se lleva a cabo para evitar que se presenten tensiones peligrosas en las partes metálicas o conductoras de equipos –o de cualquier objeto– que no están diseñadas para conducir corriente en condiciones normales, ya que estas tensiones pueden presentarse no sólo por el contacto de conductores vivos con las partes metálicas o conductoras, sino también por otras causas, como puede ser la inducción eléctrica.

Es importante mencionar que hay equipos que no requieren aterrizar sus partes metálicas o conductoras, ya que tienen doble aislamiento, por ejemplo televisiones, videocaseteras, etc. Estos equipos no cuentan con el conductor de tierra en su cordón de conexión, y sus clavijas sólo tienen dos puntas metálicas para conexión al receptáculo: una para el conductor vivo (punta más pequeña) y otra para el conductor neutro (punta grande).

Para que en caso de una falla a tierra opere el dispositivo de protección contra sobrecorriente, y desconecte el circuito eléctrico, se conecta el conductor de tierra con el neutro del sistema mediante un puente de unión conductor (véase la figura 2.25). Esto se lleva a cabo con la finalidad de que, cuando se presente una falla a tierra, se produzca un cortocircuito que haga operar el dispositivo de protección contra sobrecorriente que se encuentra en el conductor vivo o de fase del circuito. El puente de unión debe colocarse en el equipo de acometida, que es donde está el dispositivo de desconexión principal de la entrada de la energía eléctrica, de la compañía suministradora, a la construcción. Si no se lleva a cabo la unión entre el conductor de tierra y el neutro, puede ser que no opere el dispositivo de protección contra sobrecorriente, ya que la impedancia de la tierra física –que existe entre el electrodo de puesta a tierra y el electrodo donde se encuentra aterrizado el neutro del transformador de la compañía suministradora de energía eléctrica– puede ser alta y, por lo tanto, puede limitar la corriente que se presente en el circuito en caso de una falla a tierra (véase la figura 2.24).

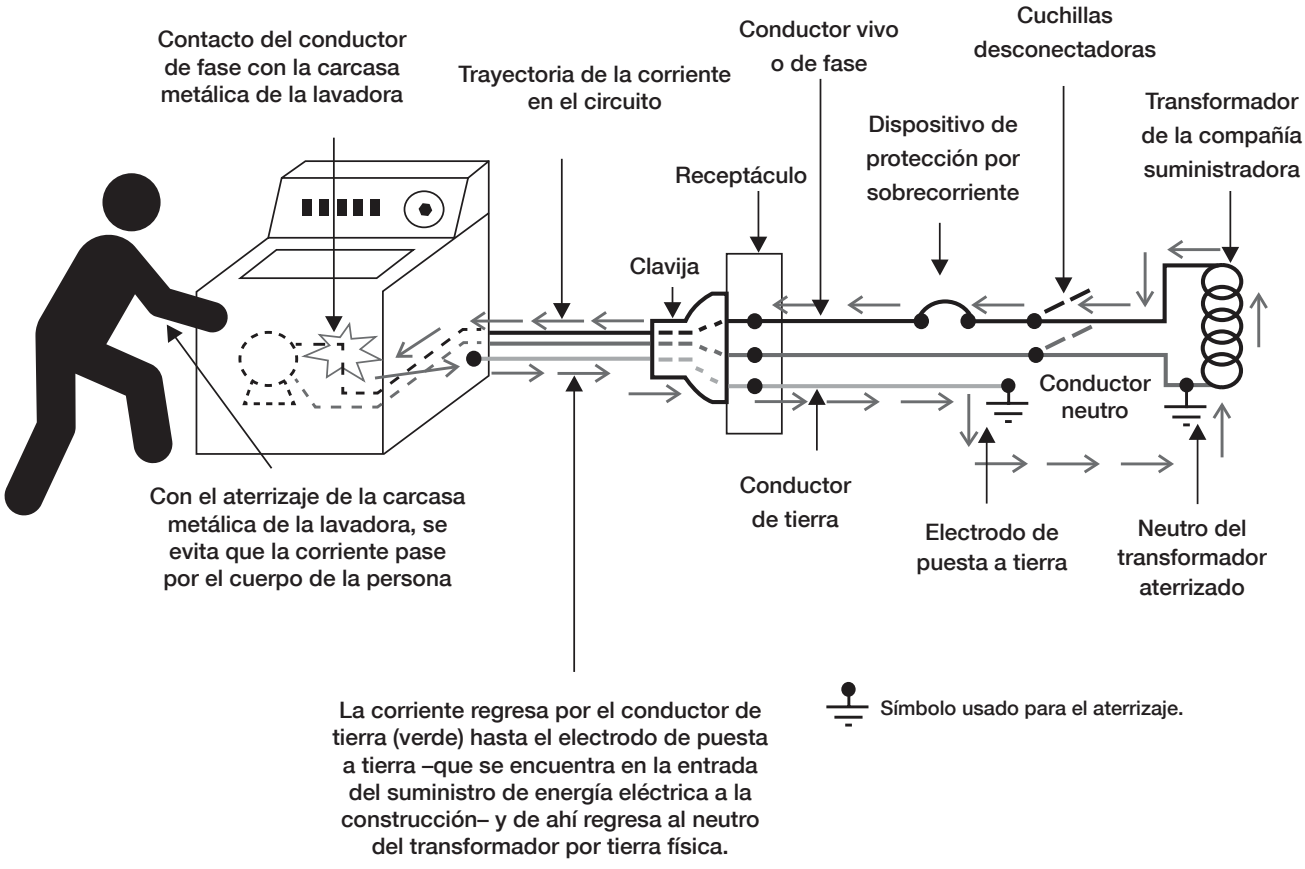

Contacto del conductor de fase con la carcasa metálica de la lavadora
Trayectoria de la corriente en el circuito
Conductor vivo o de fase
Cuchillas desconectadoras
Transformador de la compañía suministradora
Dispositivo de protección por sobrecorriente
Receptáculo
Clavija
Conductor neutro
Conductor de tierra
Electrodo de puesta a tierra
Neutro del transformador aterrizado
Con el aterrizaje de la carcasa metálica de la lavadora, se evita que la corriente pase por el cuerpo de la persona
La corriente regresa por el conductor de tierra (verde) hasta el electrodo de puesta a tierra –que se encuentra en la entrada del suministro de energía eléctrica a la construcción– y de ahí regresa al neutro del transformador por tierra física.
Símbolo usado para el aterrizaje.

Figura 2.24. Aterrizaje de partes metálicas para proteger a las personas.

Una persona puede entrar en contacto eléctrico con conductores vivos, por ruptura de la conexión a tierra de las partes metálicas o conductoras de equipos, o por alguna otra causa. Esto puede ser peligroso, sobre todo en lugares mojados o húmedos, como son los baños, las cocheras, cerca del fregadero de las cocinas, los jardines, el cuarto de la lavadora, los sótanos sin terminar, etc.

En la figura 2.26 se muestra lo que ocurre cuando una persona entra en contacto eléctrico con un conductor vivo. En estos casos, los dispositivos de protección contra sobrecorriente no desconectan el circuito, aun en sistemas aterrizados, ya que las resistencias del cuerpo humano y la de la tierra limitan la corriente a valores menores que a los que opera el dispositivo. Para proteger a las personas contra el contacto con conductores vivos, se emplean dispositivos conocidos como interruptores con protección de falla a tierra. La finalidad de estos interruptores es evitar que pase una corriente peligrosa a través del cuerpo humano (un choque eléctrico comienza a producirse entre los 10 y los 30 miliamperes). Estos interruptores operan midiendo la diferencia que existe entre la corriente del conductor vivo o de fase y la corriente del conductor neutro. Esta diferencia es la corriente que regresa por tierra y que puede circular por el cuerpo humano. Cuando la corriente que regresa por tierra es mayor a un valor predeterminado, que en la mayoría de los casos es de 5 miliamperes, los interruptores con protección de falla a tierra desconectan el circuito, en un tiempo menor a 60 milisegundos (véase la figura 2.27). Las protecciones contra sobrecorriente normales no operan a estos valores de corriente, considerados necesarios como protección para las personas, ya que los valores nominales de éstas son de 15, 20, 30, etcétera, amperes.

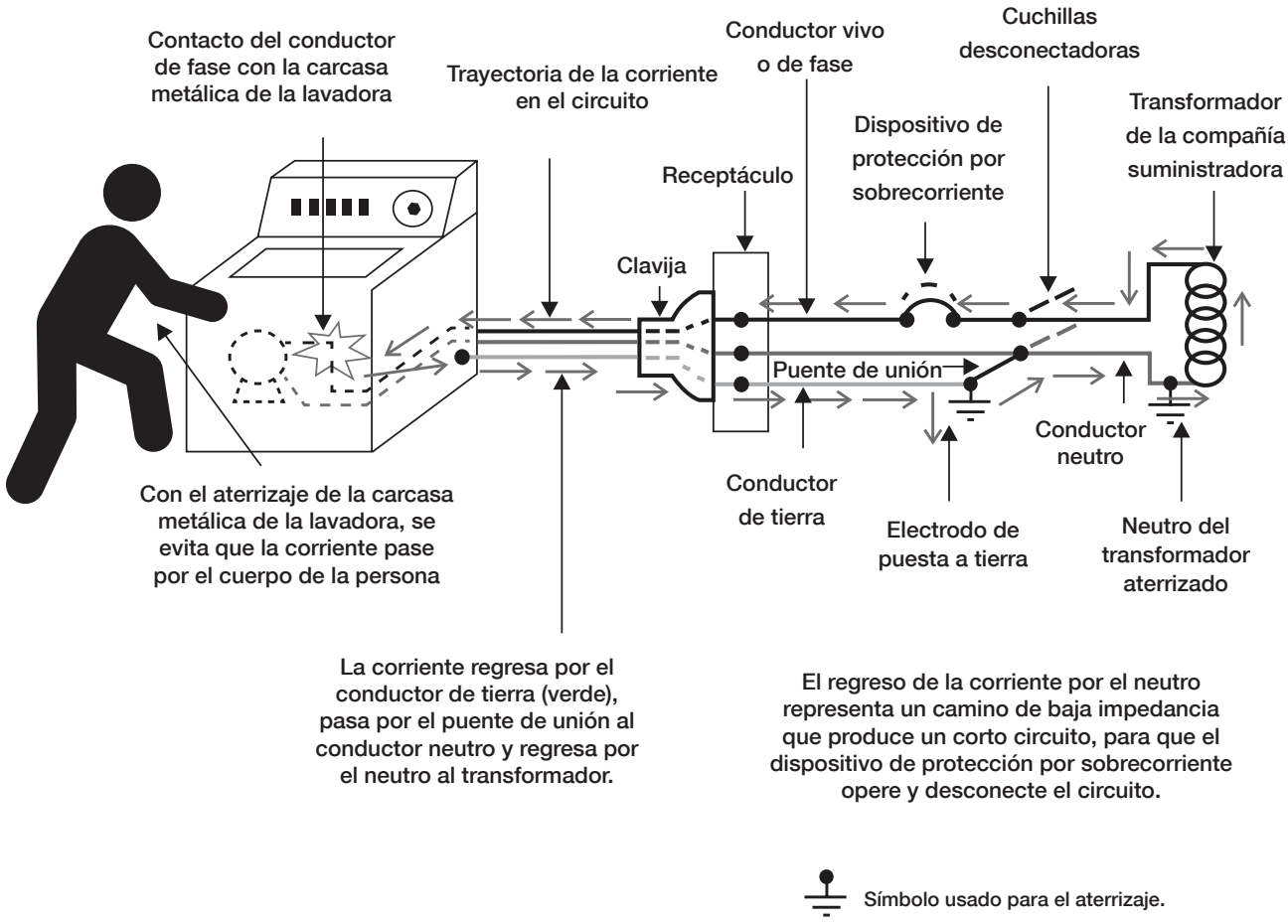

Contacto del conductor de fase con la carcasa metálica de la lavadora
Trayectoria de la corriente en el circuito
Conductor vivo o de fase
Cuchillas desconectadoras
Transformador de la compañía suministradora
Dispositivo de protección por sobrecorriente
Receptáculo
Clavija
Puente de unión
Conductor neutro
Conductor de tierra
Electrodo de puesta a tierra
Neutro del transformador aterrizado
Con el aterrizaje de la carcasa metálica de la lavadora, se evita que la corriente pase por el cuerpo de la persona
La corriente regresa por el conductor de tierra (verde), pasa por el puente de unión al conductor neutro y regresa por el neutro al transformador.
El regreso de la corriente por el neutro representa un camino de baja impedancia que produce un corto circuito, para que el dispositivo de protección por sobrecorriente opere y desconecte el circuito.
Símbolo usado para el aterrizaje.

Figura 2.25.

Identificación de los conductores por medio de colores

Para un fácil reconocimiento de los diferentes tipos de conductores de un circuito, como son los vivos o de fase, el conductor aterrizado o neutro, y el conductor de tierra, la NOM-001-SEDE-2012 establece el siguiente código de colores para el aislamiento:

a) Conductor aterrizado o neutro: color blanco o gris claro.
b) Conductor para conexión a tierra de los equipos o conductor de tierra: verde o verde con franjas amarillas, si está aislado; o puede ir sin aislamiento (desnudo).
c) Conductores vivos o de fase: cualquier otro color diferente del blanco, gris claro o verde. Generalmente se emplean el negro y el rojo para identificarlos.

Existen excepciones a lo anterior, por ejemplo en conductores dúplex, que llevan un solo color para el neutro y para el vivo; puede identificarse el neutro con una estría longitudinal. También en algunos casos puede identificarse el tipo de conductor con pintura u otro medio eficaz de color, en sus extremos y en todos los puntos en que el conductor sea accesible, empleando el color blanco para el neutro, el color verde para el conductor de tierra, y otro color, generalmente negro, para los conductores de fase o vivos.

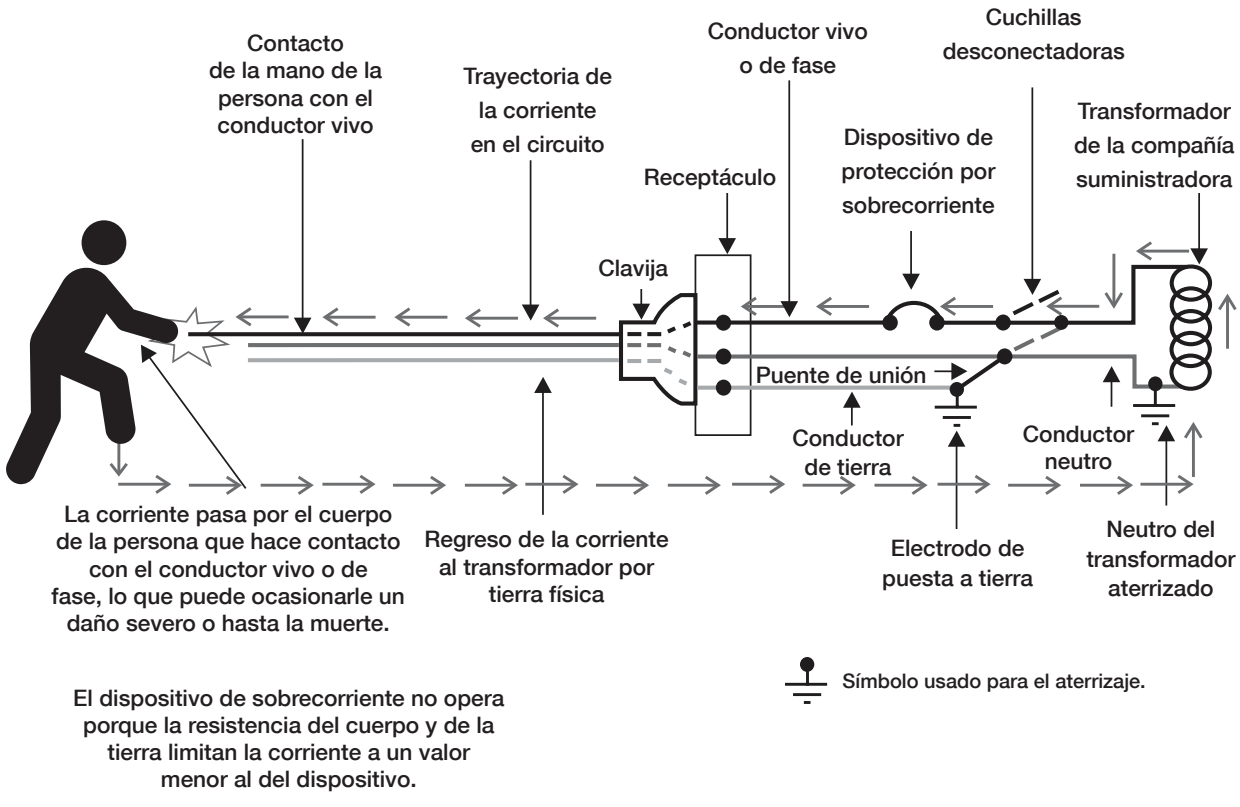

Contacto de la mano de la persona con el conductor vivo
Trayectoria de la corriente en el circuito
Conductor vivo o de fase
Cuchillas desconectadoras
Transformador de la compañía suministradora
Dispositivo de protección por sobrecorriente
Receptáculo
Clavija
Puente de unión
Conductor de tierra
Conductor neutro
La corriente pasa por el cuerpo de la persona que hace contacto con el conductor vivo o de fase, lo que puede ocasionarle un daño severo o hasta la muerte.
Regreso de la corriente al transformador por tierra física
Electrodo de puesta a tierra
Neutro del transformador aterrizado
El dispositivo de sobrecorriente no opera porque la resistencia del cuerpo y de la tierra limitan la corriente a un valor menor al del dispositivo.
Símbolo usado para el aterrizaje.

Figura 2.26. Peligro del contacto de una persona con un conductor vivo o de fase.

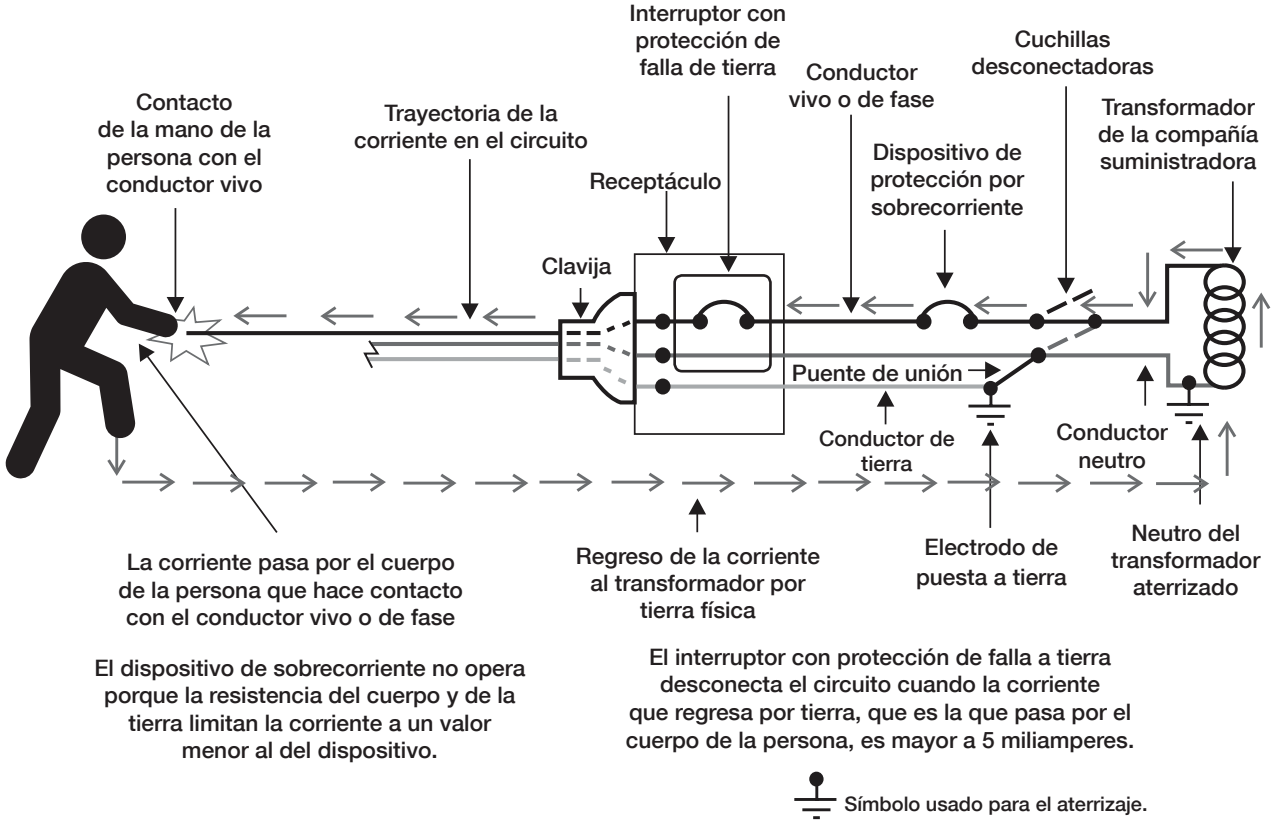

Interruptor con protección de falla de tierra
Conductor vivo o de fase
Cuchillas desconectadoras
Contacto de la mano de la persona con el conductor vivo
Trayectoria de la corriente en el circuito
Transformador de la compañía suministradora
Dispositivo de protección por sobrecorriente
Receptáculo
Clavija
Puente de unión
Conductor de tierra
Conductor neutro
La corriente pasa por el cuerpo de la persona que hace contacto con el conductor vivo o de fase
Regreso de la corriente al transformador por tierra física
Electrodo de puesta a tierra
Neutro del transformador aterrizado
El dispositivo de sobrecorriente no opera porque la resistencia del cuerpo y de la tierra limitan la corriente a un valor menor al del dispositivo.
El interruptor con protección de falla a tierra desconecta el circuito cuando la corriente que regresa por tierra, que es la que pasa por el cuerpo de la persona, es mayor a 5 miliamperes.
Símbolo usado para el aterrizaje.

Figura 2.27. Operación del interruptor con protección de falla a tierra.

Circuitos alimentadores y derivados

El Capítulo 1, Disposiciones generales, del ARTÍCULO 100 – DEFINICIONES de la "Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones eléctricas (utilización)", da las siguientes definiciones de un circuito alimentador y de un circuito derivado:

- **Alimentador:** Todos los conductores de un circuito formado entre el equipo de acometida o la fuente de un sistema derivado separado y el dispositivo final de protección contra sobrecorriente del circuito derivado.
- **Circuito derivado:** Conductores de un circuito desde el dispositivo final de sobre corriente que protege a ese circuito hasta la(s) salida(s)

Para entender mejor el significado de las definiciones anteriores, en la figura 2.28 se presenta un diagrama que muestra los circuitos alimentadores y derivados, así como las siguientes definiciones proporcionadas en la misma parte de la NOM-001-SEDE-2012:

- **Equipo de acometida:** Equipo necesario para servir de control principal y que usualmente consiste en un interruptor automático o desconectador y fusibles, con sus accesorios, localizado cerca del punto de entrada de los conductores de suministro a un edificio u otra estructura o a un área definida.
    - **Acometida:** Conductores eléctricos que conectan la red de distribución del suministrador, al punto de recepción del suministro en la instalación del inmueble a servir.
    - **Conductores de acometida:** Conductores comprendidos desde el punto de acometida hasta el medio de desconexión de la instalación.
    - **Medio de desconexión:** Dispositivo o conjunto de dispositivos u otros medios por los cuales los conductores de un circuito pueden ser desconectados de su fuente de alimentación.

- **Sistema derivado separado:** Sistema de alambrado de una propiedad, cuya alimentación procede de una fuente de energía o equipo diferente a la alimentación del suministrador. Tales sistemas no tienen conexión eléctrica entre los conductores de un circuito de un sistema a los conductores de un circuito de otro sistema, exceptuando las conexiones a través de la tierra, cubiertas de metal, canalizaciones metálicas, o conductores de puesta a tierra de equipo.
- **Dispositivo:** Elemento de un sistema eléctrico que su principal función es conducir o controlar la energía eléctrica.
- **Salida:** Punto en un sistema de alambrado en donde se toma corriente eléctrica para alimentar al equipo de utilización.
    - **Equipo de utilización***:* Equipo que utiliza la energía eléctrica para propósitos de electrónica, electromecánicos, químico, de calefacción, de alumbrado y otros similares.

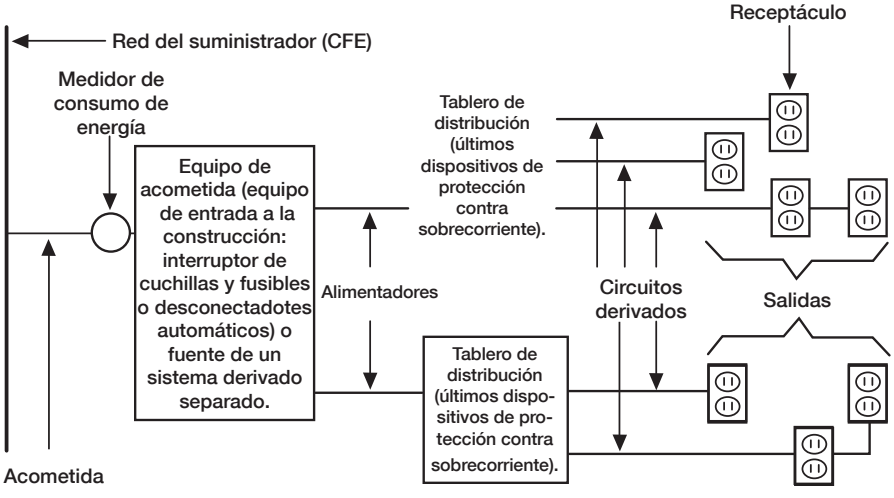

Receptáculo
Red del suministrador (CFE)
Medidor de consumo de energía
Tablero de distribución (últimos dispositivos de protección contra sobrecorriente).
Equipo de acometida (equipo de entrada a la construcción: interruptor de cuchillas y fusibles o desconectadotes automáticos) o fuente de un sistema derivado separado.
Alimentadores
Circuitos derivados
Salidas
Tablero de distribución (últimos dispositivos de protección contra sobrecorriente).
Acometida

Figura 2.28. Circuitos alimentadores y derivados.

Generación, transmisión y distribución eléctrica

Para que pueda usarse la energía eléctrica en nuestros hogares, en comercios y en industrias, se requiere de un sistema que comprende la generación, transmisión y distribución de esta forma de energía. En la figura 2.29 se presenta un diagrama con las partes principales de este sistema, las cuales vamos a describir a continuación:

a) **Generación:** La electricidad es generada de diversas formas convirtiendo diferentes tipos de energía en electricidad. Las más comunes de estas formas son:

- Hidroeléctrica: Se aprovecha la caída del agua en presas para mover turbinas, que a su vez mueven generadores de electricidad.
- Térmica: Con vapor de agua se mueven turbinas que a su vez mueven generadores de electricidad. El vapor de agua puede generarse con combustibles fósiles (termoeléctrica), con energía nuclear (nucleoeléctrica), con energía de la tierra (geotérmica).
- Solar: Se usa la radiación del sol para producir electricidad, generalmente con celdas fotovoltaicas que convierten la luz del sol en electricidad.
- Eólica: Se emplea la energía del viento para mover ventiladores, que a su vez mueven generadores de electricidad.

El voltaje de generación es variable, pero lo más común en México es de 13,8 kV.

b) **Línea de transmisión:** Generalmente las plantas generadoras de electricidad se encuentran lejos de los puntos de uso, como las ciudades o los centros industriales, por lo que es necesario transmitir la electricidad hasta esos puntos. La siguiente fórmula nos proporciona la potencia eléctrica transmitida por una línea.

$$P = VI \qquad (2.8)$$

Donde:
P = Potencia eléctrica transmitida en watts.
V = Voltaje de transmisión en volts.
I = Corriente transmitida en amperes.

Como puede apreciarse en la fórmula 2.8, para una potencia transmitida constante: a mayor voltaje de transmisión, menor corriente transmitida y, por lo tanto, menores pérdidas de energía en forma de calor en las líneas de transmisión, por efecto Joule (véase la fórmula 2.6: $Q = I^2 R$). Esta es la razón por la cual el voltaje tiene que ser elevado a valores mayores que el de generación para transmitirlo a distancias que pueden ser del orden de cientos de kilómetros. Los lugares donde se eleva el voltaje para transmitirlo se llaman subestaciones, y básicamente están compuestas de equipos llamados transformadores que incrementan el voltaje. Los voltajes más comunes de transmisión de electricidad en México son 230 kV y 400 kV.

c) **Sistema de distribución primaria regulada:** Cuando las líneas de transmisión llegan a los lugares de consumo, el voltaje es reducido en subestaciones para poder distribuirlo de manera más segura. En México el voltaje de distribución primaria regulada es 13,8 kV (Comisión Federal de Electricidad). Las subestaciones mencionadas están compuestas básicamente por transformadores que reducen el voltaje de transmisión.

d) **Sistema de distribución secundaria:** Para poder utilizar la energía eléctrica, el voltaje de distribución primaria es reducido a valores seguros para su uso. La reducción del voltaje se lleva a cabo mediante transformadores. El voltaje más común en México para distribución secundaria es de 220 V de fase

a fase. Como son sistemas en estrella, el voltaje de fase a neutro es de 220 V/1,73 = 127 V (véase la figura 2.20), que es el que llega a nuestras casas por medio de la acometida. Después de la acometida se encuentran los circuitos alimentadores y los derivados, descritos anteriormente, y estos últimos alimentan a los equipos de utilización.

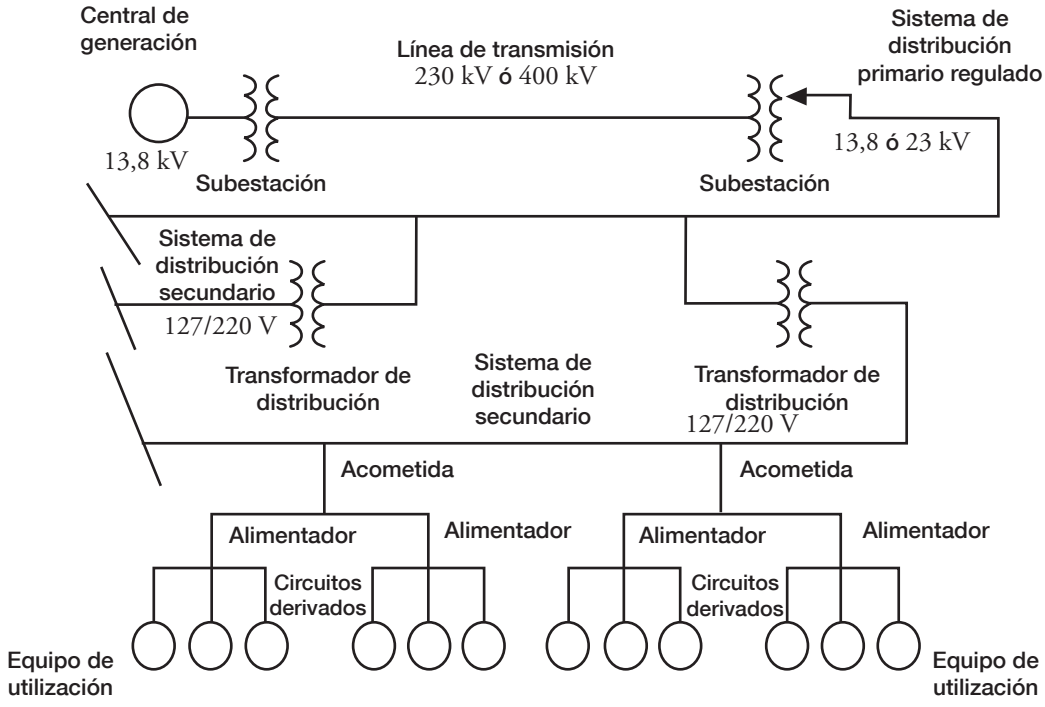


Figura 2.29. Sistema eléctrico típico para la generación, transmisión, distribución y utilización de energía eléctrica.

Potencia real y potencia aparente en circuitos de corriente alterna

Anteriormente vimos que la potencia en circuitos está dada por la siguiente fórmula:

$$P = VI \qquad (2.8)$$

Donde:
P = Potencia eléctrica en watts
V = Voltaje en volts
I = Corriente en amperes

Esta fórmula nos proporciona la potencia, consumida o producida, en circuitos de corriente directa. En corriente alterna, tenemos que introducir un nuevo concepto conocido como *potencia aparente*, que está dado por las siguientes fórmulas:

- En circuitos monofásicos:

$$PA = VI \qquad (2.9)$$

- En circuitos trifásicos:

$$PA = \sqrt{3}\, VI \qquad \textbf{(2.10)}$$

Donde:
PA = Potencia eléctrica aparente en VA [volts-amperes]
V = Voltaje en volts. Para circuitos monofásicos es igual al voltaje de fase a neutro y para circuitos trifásicos es igual al voltaje de fase a fase
I = Corriente de línea en amperes

Para obtener la potencia real en circuitos de corriente alterna, tenemos:

$$P = PAFp \qquad \textbf{(2.11)}$$

Donde:
P = Potencia eléctrica real en watts
PA = Potencia eléctrica aparente en VA [volts-amperes]
Fp = Factor de potencia. Esta cantidad no tiene unidades y su valor siempre es menor o igual a uno y mayor o igual a cero. Para cargas compuestas únicamente por resistencias, como en el caso de las lámparas incandescentes, el factor de potencia es igual a uno.

De acuerdo con esto, para calcular la corriente en circuitos de corriente alterna, tenemos las siguientes fórmulas:

- En circuitos monofásicos:

$$I = \frac{PA}{V} \qquad \textbf{(2.12)}$$

Donde:
I = Corriente de línea en amperes
PA = Potencia eléctrica aparente en VA monofásica [volts-amperes]
V = Voltaje de fase a neutro en volts

- En circuitos trifásicos:

$$I = \frac{PA}{\sqrt{3}\, V} \qquad \textbf{(2.13)}$$

Donde:
I = Corriente de línea en amperes
PA = Potencia eléctrica aparente trifásica en VA [volts-amperes]
V = Voltaje de fase a fase en volts

Componentes de las instalaciones eléctricas

Para la realización física de una instalación eléctrica se emplea una gran cantidad de equipo y material eléctrico.

Cualquier persona que se detenga a observar una instalación eléctrica podrá notar que existen varios elementos, algunos visibles o accesibles y otros no.

El conjunto de elementos que intervienen desde el punto de alimentación o acometida de la compañía suministradora (CFE) hasta el último punto de una casa habitación, comercio, bodega o industria en donde se requiere el servicio eléctrico, constituye lo que se conoce como los componentes de la instalación eléctrica.

En el tema anterior se mencionó que un circuito eléctrico está constituido en su forma más elemental por una fuente de voltaje o de alimentación, los conductores que alimentan la carga y los dispositivos de control o apagadores. De estos elementos se puede desglosar el resto de los componentes de una instalación eléctrica práctica, ya que, por ejemplo, los conductores eléctricos normalmente van dentro de tubos metálicos o de PVC que se conocen genéricamente como tubos (conduit); los apagadores se encuentran montados sobre cajas, las lámparas se alimentan de cajas metálicas similares a las usadas en los apagadores y también en los contactos; y asociados a estos elementos se tienen otros componentes menores, así como toda una técnica de selección y montaje.

Los elementos que estudiaremos brevemente son:

- Conductores eléctricos.
- Interruptores.
- Fusibles.
- Centros de carga.
- Contactos y apagadores.
- Lámparas.
- Canalizaciones y accesorios.

Por otra parte, todos los elementos usados en las instalaciones eléctricas deben cumplir con ciertos requisitos, no sólo técnicos, también de uso y presentación, para lo cual deben acatar las disposiciones que establece la Norma Oficial de Instalaciones Eléctricas NOM-001-SEDE.

Todos estos elementos se identifican en un plano o diagrama eléctrico por medio de símbolos. A continuación haremos una breve descripción de estos elementos y al final del tema ilustraremos el punto de los diagramas y planos eléctricos con su simbología.

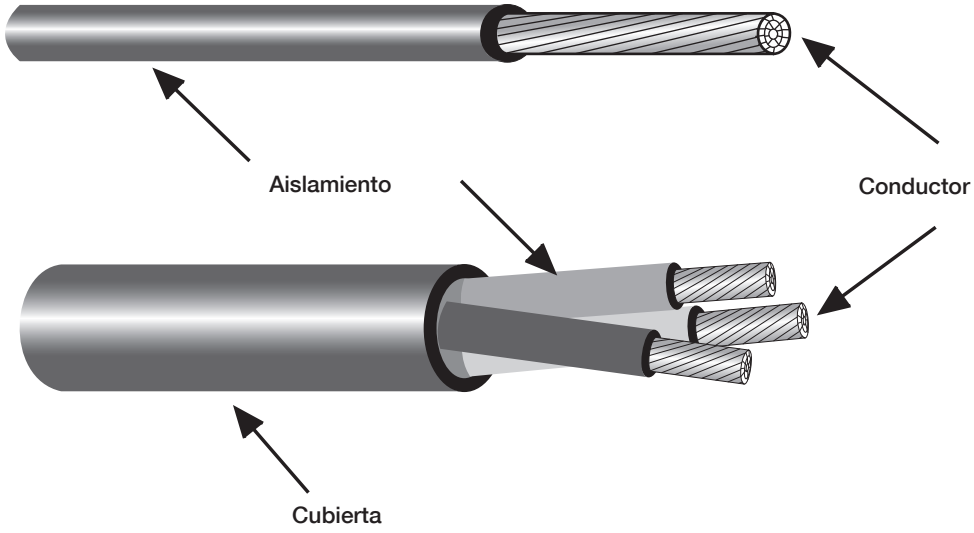
Conductores eléctricos

Los alambres y cables que se emplean en casas habitación, comercios, bodegas, etc., se conocen en el argot de los conductores eléctricos como *cables para la industria de la construcción*.

Estos cables para la industria de la construcción en baja tensión están formados por los siguientes elementos:

- **El conductor eléctrico**, que es el elemento por el que circula la corriente eléctrica: es de cobre suave y puede tener diferentes flexibilidades:
    - **Rígida:** Conductor formado por un alambre.
    - **Semiflexible:** Conductor formado por un cable (cableado clase B o C).
    - **Flexible:** Conductor eléctrico formado por un cordón (clase I en adelante).

- **El aislamiento**, cuya función principal es la de soportar la tensión aplicada y separar al conductor eléctrico energizado de partes puestas a tierra; es de un material generalmente plástico a base de policloruro de vinilo (PVC). Este aislamiento puede ser de tipo termofijo a base de etileno-propileno (EP) o de polietileno de cadena cruzada (XLP).
- **Una cubierta externa**, cuya función es la de proteger al cable de factores externos (golpes, abrasión, etc.) y ambientales (lluvia, polvo, rayos solares, etc.). Normalmente esta cubierta externa es de policloruro de vinilo (PVC) y se aplica en cables multiconductores.



Como hemos visto, los cables para la industria de la construcción están formados por un conductor de cobre suave de alta pureza, un aislamiento a base de policloruro de vinilo (PVC), etileno-propileno (EP), polietileno de cadena cruzada (XLP) o elastomérico (CP).

En el caso de cables multiconductores, éstos cuentan con una cubierta externa a base de policloruro de vinilo o polietileno clorado (CP).

Hablemos de las propiedades y características que deben tener los elementos de estos cables.

Conductor eléctrico

Son cuatro los factores que deben ser considerados en la selección de los conductores: material, flexibilidad, forma y dimensiones.

Material

Los materiales más usados como conductores eléctricos son el cobre y el aluminio, aunque el primero es superior en características eléctricas y mecánicas (la conductividad del aluminio es aproximadamente el 60% de la del cobre y su esfuerzo de tensión a la ruptura, el 40%). Las características de bajo peso del aluminio han dado lugar a un amplio uso de este metal en la fabricación de los cables aislados y desnudos.

En la siguiente tabla se muestran en forma general las propiedades de los conductores de cobre suave y de aluminio 3/4 de duro.

Características	Cobre suave	Aluminio ¾ duro
Grado de pureza, %	> 99,9	> 99,5
Resistividad a 20 °C, ohm-mm^2/m	17,241 x 10^{-3}	28,264 x 10^{-3}
Coeficiente de variación de la resistividad eléctrica a 20 °C, por cada 20 °C	3,9 x 10^{-3}	4,03 x 10^{-3}
Densidad a 20 °C, g/cm^3	8,89	2,70
Coeficiente de dilatación lineal a 20 °C, por cada 20 °C	17 x 10^{-6}	23 x 10^{-6}
Carga de ruptura, MPa	230 a 250	120 a 150
Alargamiento a la ruptura, %	20 a 40	4 a 1
Temperatura de fusión, °C	1 080	660

¿Por qué el cobre es el metal que se prefiere en la elaboración de conductores eléctricos?

Hay muchas razones técnicas que respaldan el uso del cobre como material para los conductores eléctricos, pero la principal es la confiabilidad probada que éste posee.

Las razones de éxito que ha tenido el cobre se basan en su conductividad eléctrica y sus propiedades mecánicas, puesto que su capacidad de conducción de corriente lo convierte en el más eficiente conductor eléctrico, en términos económicos.

Podemos asegurar que el cobre –debido a su mayor capacidad de corriente para un calibre dado, a igual espesor de aislamiento que los cables de aluminio– puede instalarse en tubos (conduit), ductos, charolas o canaletas de menor tamaño. Es decir, los conductores de cobre minimizan los requerimientos de espacio.

Esto resulta útil si se toma en cuenta que un aumento en el diámetro de los tubos (conduit), ductos o canaletas, en conjunto con el espacio requerido por el alambrado, incrementa los costos de instalación al igual que todos los componentes que integran ésta (por ejemplo las cajas de conexión, chalupas, etcétera).

El aluminio ha tenido éxito como conductor eléctrico en líneas de transmisión y distribución aéreas, pero no así como conductor eléctrico para cables de baja tensión en aplicaciones de la industria de la construcción.

El aluminio presenta problemas en las conexiones debido a sus propiedades físicas y químicas, ya que bajo condiciones de calor y presión este material se dilata y, por tanto, se afloja en las conexiones.

Las terminales de equipos, aparatos, dispositivos, etc., son fabricadas con cobre, cobre estañado o aleaciones de cobre, los cuales en la tabla de electronegatividad tienen valores similares, en tanto el aluminio –al estar más alejado de ellos en esta tabla de electronegatividad– presenta problemas de corrosión galvánica.

Como conclusión podemos decir que el cobre, además de ser mejor conductor que el aluminio, es mecánica y químicamente más resistente. Lo anterior significa que soporta alargamientos (proceso de

instalación de los cables dentro de la canalización), reducción de sección por presión (en los puntos de conexión cuando el tornillo opresor sujeta a los conductores), mellas y roturas (en el proceso mecánico de conexión).

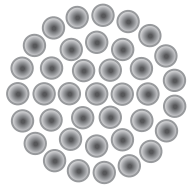
El óxido que se forma en las conexiones donde el conductor de aluminio no tiene aislamiento es de tipo no conductor, ocasionando puntos calientes en ellas y un riesgo en la instalación eléctrica.

Flexibilidad

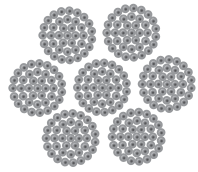
Acorde con los requerimientos de una instalación en particular, las normas de productos clasifican la flexibilidad de los conductores en clases de cableado, combinando diferentes diámetros de alambres y el número de éstos.

a) Alambres	Conductores sólidos
b) Cables (AA, A, B o C)	Conductores cableados concéntricos (con o sin compactación)
c) Cordones (I, J, K)	Conductores flexibles (aumenta la flexibilidad con el número de hilos)

Alambre



Cable

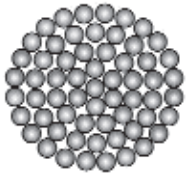


Cordón

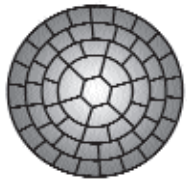
Forma

La forma geométrica de los conductores eléctricos es generalmente redonda, y dependiendo de su aplicación puede ser:

Sólido



Redondo sin compactar



Redondo compacto

Sectorial

Dimensiones

El tamaño o sección transversal o calibre de los conductores eléctricos debe indicarse en mm^2 y opcionalmente entre paréntesis el número de la escala de calibres americanos (AWG-kcmil), de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana de Conductores Eléctricos NOM-063-SCFI.

Es importante recordar que a nivel mundial se usan dos escalas de calibres para cuantificar el tamaño de los conductores eléctricos:

- Escala americana AWG-kcmil (AWG = American Wire Gauge; kcmil = kilo circular mil, anteriormente conocida como MCM).
- Escala Internacional (IEC), mm^2.

Un valor útil para convertir calibres en ambas escalas es el siguiente:

$1mm^2$ = 1 973,525 circular mils

o

$1mm^2$ = 1,973525 kCM ≈ 2 kcmil

El tamaño de un conductor eléctrico debe seleccionarse adecuadamente cumpliendo con los requerimientos técnicos y normativos de nuestro país.

En las siguientes tablas encontraremos las secciones o calibres, diámetros de conductores y las resistencias eléctricas en corriente alterna y directa.

Tabla 1
Construcción normal de cables concéntricos de cobre clase B y C

Área de la sección transversal nominal mm^2	Calibre AWG-kcmil	Número de alambres		Diámetro de los alambres mm		Diámetro exterior nominal del cable mm		Masa kg/km
		Clase B	Clase C	Clase B	Clase C	Clase B	Clase C	
2,08	14	7	19	0,615	0,347	1,85	1,87	18,88
3,31	12	7	19	0,776	0,471	2,33	2,36	29,99
5,26	10	7	19	0,978	0,594	2,93	2,97	47,70
8,37	8	7	19	1,234	0,749	3,70	3,75	75,87
13,3	6	7	19	1,555	0,944	4,67	4,72	120,60
21,2	4	7	19	1,961	1,191	5,88	5,96	191,4
33,6	2	7	19	2,473	1,501	7,42	7,51	304,9
53,5	1/0	19	37	1,893	1,357	9,47	9,50	484,9
67,4	2/0	19	37	2,126	1,523	10,63	10,66	611,4
85,0	3/0	19	37	2,387	1,710	11,94	11,97	770,9
107	4/0	19	37	2,680	1,921	13,40	13,45	972,1
127	250	37	61	2,088	1,626	14,62	14,63	1 149
152	300	37	61	2,287	1,781	16,01	16,03	1 378
177	350	37	61	2,470	1,924	17,29	17,32	1 608
203	400	37	61	2,641	2,057	18,49	18,51	1 838
253	500	37	61	2,953	2,300	20,67	20,70	2 298
304	600	61	91	2,519	2,062	22,67	22,68	2 757
380	750	61	91	2,816	2,306	25,34	25,37	3 446
507	1 000	61	91	3,252	2,663	29,27	29,29	4 595

Tabla 2
Características dimensionales de los alambres de cobre suave

Área de la sección transversal nominal mm^2	Calibre AWG	Diámetro exterior nominal mm	Masa kg/km
2,08	14	1,628	18,50
3,31	12	2,052	29,40
5,26	10	2,588	46,77
8,37	8	3,264	74,38
13,3	6	4,115	118,20

Tabla 3
Resistencia eléctrica de conductores de cobre suave cableados clases B y C

Área de la sección transversal nominal mm^2	Calibre AWG-kcmil	Resistencia eléctrica ohm/km				
		Corriente directa	Corriente alterna			
		20 °C	20 °C	60 °C	75 °C	90 °C
2,08	14	8,4500	8,45	9,72	10,28	10,77
3,31	12	5,3200	5,32	6,12	6,47	6,78
5,26	10	3,3400	3,34	3,84	4,06	4,26
8,37	8	2,1000	2,10	2,41	2,55	2,67
13,3	6	1,3200	1,32	1,51	1,60	1,68
21,2	4	0,8320	0,832	0,957	1,01	1,06
33,6	2	0,5230	0,523	0,602	0,636	0,667
53,5	1/0	0,3290	0,329	0,379	0,401	0,420
67,4	2/0	0,2610	0,262	0,301	0,318	0,334
85,0	3/0	0,2070	0,208	0,239	0,253	0,265
107	4/0	0,1640	0,166	0,191	0,202	0,211
127	250	0,1390	0,141	0,163	0,172	0,180
152	300	0,1160	0,118	0,135	0,143	0,150
177	350	0,0992	0,104	0,120	0,126	0,133
203	400	0,0868	0,093	0,107	0,113	0,118
253	500	0,0694	0,078	0,090	0,095	0,100
304	600	0,0579	0,070	0,081	0,086	0,090
380	750	0,0463	0,065	0,074	0,079	0,083
507	1 000	0,0347	0,064	0,074	0,078	0,082

Tabla 4
Resistencia eléctrica de alambres de cobre suave

Área de la sección transversal nominal mm²	Calibre AWG	Resistencia eléctrica ohm/km				
		Corriente directa	Corriente alterna			
		20 °C	20 °C	60 °C	75 °C	90 °C
2,08	14	8,28	8,28	9,52	10,07	10,56
3,31	12	5,21	5,21	5,99	6,33	6,64
5,26	10	3,28	3,28	3,77	3,99	4,18
8,37	8	2,06	2,06	2,37	2,50	2,62
13,3	6	1,30	1,30	1,49	1,58	1,65

Proceso de fabricación y pruebas de aseguramiento de la calidad

Cuando una persona no conoce de conductores eléctricos no sabe apreciar las diferencias entre una marca y otra. Sucede que se puede tener dos productos enfrente: uno de calidad y otro de mala calidad, pero al verlos del mismo tamaño, color, brillo, etc., no se aprecian a simple vista las diferencias para elegir el bueno.

Los productos de calidad siempre cumplen con los requisitos mínimos que establece la Norma Oficial Mexicana de Conductores Eléctricos NOM-063-SCFI y las Normas Mexicanas NMX-J. Para conocer los valores de las normas, usted puede llamar a nuestra fábrica y con gusto la Gerencia Técnica Comercial lo ayudará.

Para muchos clientes resulta más práctico acudir al fabricante para obtener la orientación que les permite distinguir un producto de calidad de uno de mala calidad.

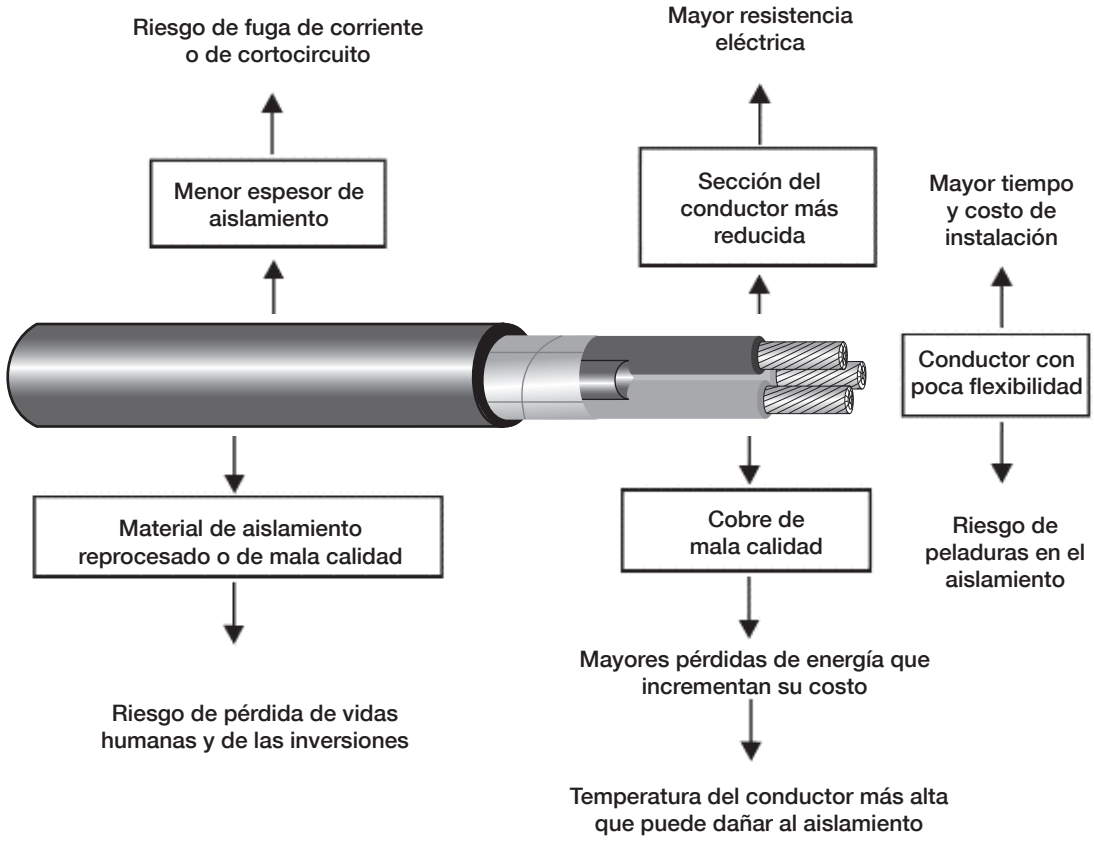
Los productos Condumex cuentan con la certificación de la Asociación de Normalización y Certificación A.C. (ANCE). También nuestro Sistema de gestión de Calidad está certificado bajo la norma ISO 9001:2008.

Problemas ocasionados por conductores de mala calidad

Es común que se intente por todos los medios reducir los costos de una instalación eléctrica y generalmente se termina por comprar materiales de mala calidad sólo porque son más baratos.

Sin embargo, para que una instalación sea confiable y duradera, cuidando a su vez la economía, adquirir conductores eléctricos de bajo costo no es lo que resulta más barato, porque aunque su costo inicial sea menor, su utilización provoca que la instalación sea riesgosa, molesta (por la averías que se produzcan en ella), efímera (porque durará pocos años trabajando) y costosa (por las pérdidas de energía debido a los calentamientos excesivos).

Por eso, emplear conductores de mala calidad no significa un ahorro real, ya que aunque se paga menos por adquirirlos, se pagará más por utilizarlos, puesto que los problemas que ocasionan representan pérdidas de dinero (por reparación o reinstalación), de prestigio (porque el trabajo deberá repetirse en pocos años) y de clientes (por hacer trabajos de mala calidad).


Riesgo de fuga de corriente o de cortocircuito
Menor espesor de aislamiento
Material de aislamiento reprocesado o de mala calidad
Riesgo de pérdida de vidas humanas y de las inversiones
Mayor resistencia eléctrica
Sección del conductor más reducida
Cobre de mala calidad
Mayores pérdidas de energía que incrementan su costo
Temperatura del conductor más alta que puede dañar al aislamiento
Mayor tiempo y costo de instalación
Conductor con poca flexibilidad
Riesgo de peladuras en el aislamiento

Características de fabricación y calidad de los productos

Prueba	Producto de buena calidad	Razón	Producto de mala calidad	Causa	Consecuencias
Color del cobre	Rosa o naranja claro	Cobre de 99,96% de pureza	Naranja oscuro o café tenue	Cobre reprocesado y con impurezas	Mayor resistencia eléctrica que provoca calentamiento y disminuye la vida útil del cable
Tersura del conductor de cobre	Sin rayones ni impurezas	Proceso de estirado adecuado, cobre de buena calidad	Con rayones e impurezas	Cobre de mala calidad y/o mal procesado	Mayor resistencia eléctrica en algunos puntos del conductor que puede provocar fallas
Diámetro del conductor	Acorde con las normas	Cumplir con los reglamentos del país	Diámetro menor al especificado en las normas	Reducir el costo del producto	Los conductores con sección menor a la adecuada son un engaño al cliente y no son seguros porque se sobrecalientan

Prueba	Producto de buena calidad	Razón	Producto de mala calidad	Causa	Consecuencias
Número de hilos de cable o cordón	Acorde con las normas	Cumplir con los reglamentos del país	Menor número de hilos	Reducir el costo del producto	Disminuye la sección real del conductor, provocando fallas, calentamiento y desgaste prematuro
Paso de cableado	Acorde con las normas	Cables con flexibilidad y resistencias adecuadas	Cableado muy apretado o muy extendido	Mal proceso de fabricación	El cable tendrá mayor resistencia de la normal, provocando calentamiento y desgaste prematuro
Espesor del aislamiento	Acorde con las normas	Que la corriente esté bien aislada	Menos espesor del aislamiento	Reducir el costo del producto	La instalación tendrá un alto riesgo de falla, porque la corriente no está adecuadamente aislada
Centrado del conductor	Igual espesor de aislamiento en todo el conductor	Aislamiento bien aplicado	Menor espesor en algunas partes a lo largo del cable	Mal proceso de fabricación	Posibilidad de falla en algún punto del cable cuando pase una sobrecarga
Tersura del aislamiento	Aislamiento sin puntos duros o poros	PVC de buena calidad y bien procesado	Aislamiento con puntos duros, poros o grietas	PVC de mala calidad y/o mal procesado	Posibilidad de falla a tierra en periodos de sobrecarga
Suavidad del producto	Facilidad de manejo, pero no muy blando	Materia prima de calidad y proceso correcto	Conductores muy duros o tan blandos que se trozan al jalarlos	Materia prima de mala calidad y mal proceso	Dificultad en la instalación del cable, aumentando el tiempo y costo de la instalación
Cantidad de producto empacada	Lo especificado en la norma y empaque	Medidores de longitud correctos	Rollos de 95 m en lugar de 100 m	Reducir el precio del producto o maquinaria en mal estado	Fraude al cliente

Aislamiento de los conductores eléctricos

Los cables para la industria de la construcción pueden tener aislamientos de los siguientes tipos:
- Aislamiento termoplástico (PVC).
- Aislamiento termofijo (EP o XLP).

La Norma Oficial Mexicana de Instalaciones Eléctricas NOM-001-SEDE en la tabla 310-104 (a), clasifica a los aislamientos de los conductores eléctricos por medio de tipos. Tomando los cables utilizados en la industria de la construcción, tenemos:

Clasificación de los conductores con aislamiento termoplástico

Tipo	Temperatura máxima de operación en el conductor, °C	Descripción
TW	60	Conductor con aislamiento de PVC resistente a la humedad y a la propagación de incendio.
THW	75	Conductor con aislamiento de PVC resistente a la humedad, al calor y a la propagación del incendio.
THW-LS	75 seco o mojado	Conductor con aislamiento de PVC resistente a la humedad, al calor, a la propagación de incendio; de emisión reducida de humos y de gas ácido.
THWN	75 mojado	Conductor con aislamiento de PVC y cubierta de nylon resistente a la humedad, al calor y a la propagación de la flama.
THHW	75 mojado	Conductor con aislamiento de PVC resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendio.
	90 seco	
THHW-LS	75 mojado	Conductor con aislamiento de PVC resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendio; de emisión reducida de humos y de gas ácido.
	90 seco	
THHN	90 seco	Conductor con aislamiento de PVC y cubierta de nylon, para instalarse sólo en seco. Resistente al calor y a la propagación de la flama.

Clasificación de los conductores con aislamiento termofijo

Tipo (1)	Temperatura máxima de operación en el conductor, °C	Descripción
XHHW	75 en seco y mojado	Conductor con aislamiento de polietileno de cadena cruzada (XLP), resistente a la presencia de agua y al calor.
	90 en seco y húmedo	
XHHW-2	90 en seco y mojado	Conductor con aislamiento de polietileno de cadena cruzada (XLP), resistente a la presencia de agua y al calor.
RHW	75 en seco y mojado	Conductor con aislamiento de polietileno de cadena cruzada (XLP), a base de etileno propileno (EP), o aislamiento combinado (de CPE sobre EP) resistente a la presencia de agua y al calor. Los aislados con EP deben llevar cubierta termoplástica o termofija.
RHW-2	90 en seco y húmedo	Conductor con aislamiento de polietileno de cadena cruzada (XLP), a base de etileno propileno (EP), o aislamiento combinado (de CPE sobre EP) resistente a la presencia de agua y al calor. Los aislados con EP deben llevar cubierta termoplástica o termofija.
RHH	90 en seco y húmedo	Conductores con aislamiento de polietileno de cadena cruzada (XLP), a base de etileno propileno (EP), o aislamiento combinado (de CPE sobre EP) resistente al calor. Los aislados con EP deben llevar cubierta termoplástica o termofija.

(1): Estos cables pueden ser resistentes a la propagación de incendio, de baja emisión de humos o "-2" para lugares secos y mojados.

Con objeto de referenciar los productos Condumex en estas tablas, a continuación encontraremos su clasificación, por familias de aislamientos.

Familia	Aislamiento	Tipo	Temperatura de operación	Producto Condumex
Termoplásticos	PVC	THW-LS/THHW-LS	90 °C	Alambres y Cables Vinanel XXI RoHS[M.R.] CT-SR
	PVC + Ny	THHN	90 °C	Alambres y Cables Vinanel[M.R.] Nylon RoHS CT-SR
	PVC + Ny	THWN-2	75 °C	
Termofijos	EP	RHH	90 °C	Cables Vulcanel[M.R.] RoHS EP-CPE CT-SR
	EP	RHW	75 °C	
	EP	RHW-2	90 °C	
	XLP	RHH	90 °C	Cables Vulcanel[M.R.] RoHS XLP CT-SR
	XLP	RHW	75 °C	
	XLP	RHW-2	90 °C	
	XLP	XHHW	75 °C	
	XLP	XHHW-2	90 °C	

Al hablar de la temperatura máxima de operación de un conductor, es necesario ser específico. Los conductores no se dañan inmediatamente al rebasar la temperatura máxima; esto significa que si un producto THW-LS en lugar de utilizarlo a 75 °C lo hacemos a 80 °C, no se abrirá ni se fundirá su aislamiento, pero sí se irá deteriorando con el tiempo, reduciendo su vida útil.

En forma general podemos decir que un aislamiento que se trabaje 10 °C por arriba de su temperatura de operación normal, reduce su vida útil a la mitad. Por esto es importante que los conductores sólo transporten la corriente para la que fueron diseñados, ya que de otra forma tendremos que cambiar la instalación en poco tiempo.

Presentación de productos, características y aplicaciones

La línea de Alambres y Cables para la Industria de la Construcción que manufactura *Grupo Condumex*, cuenta con una alta tecnología y desarrollos de vanguardia, logrando productos de la máxima confiabilidad y seguridad para las instalaciones eléctricas, con mayor vida útil y, en consecuencia, con el menor costo de operación disponible en el mercado.

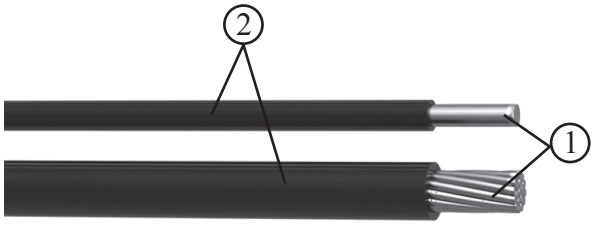
Línea de productos:

- Cables Vinanel XXI RoHS[M.R.] tipo THW-LS/THHW-LS 90 °C, 600 V CT-SR
- Cable multiconductor Vinanel XXI RoHS[M.R.] tipo THW-LS/THHW-LS 90 °C, 600 V CT-SR
- Alambres y Cables Vinanel[M.R.] Nylon RoHS tipo THHN/THWN-2 90 °C, 600 V CT-SR
- Cable Vulcanel[M.R.] XLP tipo XHHW-2 LS CT-SR, RoHS, 90 °C, 600 V
- Cables Vulcanel[M.R.] XLP RoHS tipo RHH/RHW-2 90 °C, 600 V CT-SR
- Cables Vulcanel[M.R.] EP-FR+CPE RoHS tipo RHH/RHW-2 90 °C, 600 V CT-SR
- Cordones Flexanel[M.R.] uso rudo tipo SJT 60 °C, 300 V RoHS
- Cordones Flexanel[M.R.] uso extra-rudo tipo ST 60 °C, 600 V RoHS
- Cordones uso rudo tipo SJO 90 °C, 300 V
- Cordones uso extra-rudo tipo SO 90 °C, 600 V

Los productos que contienen las siglas RoHS cuidan y protegen al medio ambiente y los seres vivos ya que en la formulación de sus aislamientos y/o cubiertas y en el proceso de manufactura, se cumple con la directiz RoHS (significa en español: restricción del uso de sustancias peligrosas) establecidas por la Comunidad Europea y el Estado de California entre otros.

Todos estos productos cumplen con la mormatividad nacional de conductores eléctricos y su fabricación cumple lo dispuesto en la norma oficial mexicana de conductores eléctricos NOM-063-SCFI.

Nuestros productos cuentan con la certificación de la ANCE (Asociación de Normalización y Certificación A.C.). La confiabilidad de nuestros sistemas de calidad se basan en la norma ISO 9001:2000 e ISO 9001:2008 y han sido reconocidos por diversos organismos nacionales e internacionales.



Alambres y cables Vinanel XXI RoHS$^{M.R.}$ tipo THW-LS/THHW-LS 90 °C, 600 V CT-SR

Descripción

1. Conductor de cobre suave, sólido o cableado.
2. Aislamiento a base de policloruro de vinilo (PVC), tipos THW-LS/THHW-LS en colores.

Aplicaciones

El cable Vinanel XXI RoHS$^{M.R.}$ tiene propiedades eléctricas, mecánicas químicas, térmicas y ecológicas que lo hacen único en el mercado eléctrico y ofrece el más alto desempeño, durabilidad y seguridad, con garantía de por vida por escrito en el inmueble en donde se instale.

Ideal para circuitos alimentadores y derivados en instalaciones eléctricas en casas habitación, lugares de concentración pública (edificios de oficinas, hospitales, bancos, hoteles, cines, etc.), industrias, etc.

Es adecuado para instalaciones en interiores o exteriores expuestas directamente a la luz solar. Puede instalarse en charolas (a partir del calibre 4 AWG), tubos (conduit), canaletas, ductos o trincheras.

Este producto cuida y protege al medio ambiente y los seres vivos ya que en la formulación del aislamiento y en el proceso de manufactura se cumple con la directriz RoHS (restricción del uso de sustancias peligrosas) establecida por la Comunidad Europea y el Estado de California entre otros.

Tensión máxima de operación

600 V c.a. entre fases.

Temperatura máxima conductor

- En ambiente húmedo: 75 °C.
- En ambiente seco: 90 °C.
- En sobrecarga: 105 °C.
- En cortocircuito: 150 °C.

Normas

- NOM-063-SCFI.
- NMX-J-010-ANCE.

Certificaciones

- Sistema de calidad certificado con ISO 9001:2000.
- Certificación ANCE del producto.

Propiedades

Conductor flexible que permite manejarlo, instalarlo y acomodarlo con mayor facilidad en canalizaciones, equipos y accesorios eléctricos.

El producto Vinanel XXI RoHS$^{M.R.}$ proporciona la máxima seguridad y calidad en instalaciones eléctricas por lo siguiente:

- Supera prueba de flama vertical de norma NMX-J-192 (FV-1), por lo cual el producto puede grabarse opcionalmente como FT1.
- Supera prueba de flama vertical de norma NMX-J-192 (FV-2), por lo cual el producto puede grabarse opcionalmente como FV2 (VW-1).

- Supera prueba de flama horizontal de norma NMX-J-192, por lo cual el producto puede grabarse opcionalmente como FH.
- Supera prueba de flama en charola vertical de norma NMX-J-010 (con medición de humos oscuros), por lo cual el producto se graba como CT.
- Supera prueba de flama en charola vertical de norma NMX-J-498 (sin medición de humos oscuros), por lo cual el producto puede grabarse opcionalmente como FT4.
- Supera prueba de no propagación del incendio de norma NMX-J-093.
- Supera pruebas de emisión de humos densos y oscuros de norma NMX-J-010, por lo cual el producto puede grabarse opcionalmente como ST1.
- Supera pruebas de emisión de humos densos, oscuros, tóxicos y corrosivos de normas NMX-J-472 y NMX-J-474, por lo cual el producto se graba como LS.
- Supera prueba de resistencia a la intemperie de norma NMX-J-010, por lo cual el producto se graba como SR.
- Supera pruebas de resistencia al aceite a 60 °C y a la gasolina de norma NMX-J-010, por lo cual el producto puede grabarse opcionalmente como PR1 y GR1.

- Excelente resistencia a los efectos de la humedad
- Gran resistencia a grasas, calor y bajas temperaturas.
- Excelentes propiedades dieléctricas.
- Deslizante, facilitando la instalación y reduciendo el daño al mismo.
- Gran resistencia a la abrasión.
- Garantía de por vida por escrito.

Datos para pedido

Alambre o cable Vinanel XXI RoHS$^{M.R.}$ tipo THW-LS/THHW-LS 90 °C, 600 V CT-SR, calibre, color, número de producto, tipo de empaque y longitud en metros.

RoHS
CONDUMEX ECOLÓGICAL CABLES

Alambres y cables Vinanel XXI RoHS$^{M.R.}$
tipo THW-LS/THHW-LS
90 °C, 600 V CT-SR

Datos dimensionales de alambres

Calibre (AWG-kcmil)	Área de la sección transversal (mm^2)	Número de alambres del conductor	Diámetro del conductor (mm)	Espesor nominal del aislamiento (mm)	Diámetro exterior nominal (mm)	Peso nominal del cable (kg/km)
14	2,08	1	1,63	0,76	3,15	27
12	3,31	1	2,05	0,76	3,57	39
10	5,26	1	2,59	0,76	4,11	59
8	8,37	1	3,26	1,14	5,54	98

Nota: Estos datos son aproximados y están sujetos a tolerancias de manufactura.

Alambres y cables Vinanel XXI RoHS M.R.
tipo THW-LS/THHW-LS
90 °C, 600 V CT-SR

Datos dimensionales de cables

Calibre (AWG-kcmil)	Área de la sección transversal (mm^2)	Número de alambres del conductor	Diámetro del conductor (mm)	Espesor nominal del aislamiento (mm)	Diámetro exterior nominal (mm)	Peso nominal del cable (kg/km)
14	2,08	19	1,78	0,76	3,30	29
12	3,31	19	2,26	0,76	3,78	42
10	5,26	19	2,84	0,76	4,36	63
8	8,37	19	3,58	1,14	5,86	104
6	13,30	19	4,51	1,52	7,55	168
4	21,20	19	5,69	1,52	8,73	249
2	33,60	19	7,18	1,52	10,22	375
1/0	53,50	19	9,18	2,03	13,24	602
2/0	67,40	19	10,31	2,03	14,37	742
3/0	85,00	19	11,58	2,03	15,64	918
4/0	107,00	19	13,00	2,03	17,06	1 136
250	127,00	37	14,18	2,41	19,00	1 362
300	152,00	37	15,52	2,41	20,34	1 610
350	177,00	37	16,78	2,41	21,60	1 862
400	203,00	37	17,94	2,41	22,76	2 110
500	253,00	37	20,04	2,41	24,86	2 600
600	304,00	61	22,00	2,79	27,58	3 118
750	380,00	61	24,59	2,79	30,17	3 849
1 000	506,70	61	28,39	2,79	34,02	5 046
1 500	760,06	91	34,80	3,18	41,33	7 482

Nota: Estos datos son aproximados y están sujetos a tolerancias de manufactura.

Alambres y cables Vinanel XXI RoHS M.R. tipo THW-LS/THHW-LS 90 °C, 600 V CT-SR

Números de producto de alambres según calibre, color exterior y empaque

Color exterior	Alambre calibre 14 AWG		Alambre calibre 12 AWG		Alambre calibre 10 AWG		Alambre calibre 8 AWG	
	CAJA (100 m)	CARRETE (1 000 m)	CAJA (100 m)	CARRETE (1 000 m)	CAJA (100 m)	CARRETE (1 000 m)	CAJA (100 m)	CARRETE (1 000 m)
NEGRO	363121	363131	363091	363101	363061	363071	363031	363041
BLANCO	363122	363132	363092	363102	363062	363072	363032	363042
ROJO	363123	363133	363093	363103	363063	363073	363033	363043
AZUL	363124	363134	363094	363104	363064	363074	363034	363044
VERDE	363125	363135	363095	363105	363065	363075	-	-
AMARILLO	363126	363136	363096	363106	-	-	-	-

Números de producto de cables según calibre, color exterior y empaque

Color exterior	Cable calibre 14 AWG			Cable calibre 12 AWG			Cable calibre 10 AWG		
	CAJA (100 m)	CARRETE (1 000 m)	CARRETE (500 m)	CAJA (100 m)	CARRETE (1 000 m)	CARRETE (500 m)	CAJA (100 m)	CARRETE (1 000 m)	CARRETE (500 m)
NEGRO	361921	361931	361941	361891	361901	361911	361861	361871	361881
BLANCO	361922	361932	361942	361892	361902	361912	361862	361872	361882
ROJO	361923	361933	361943	361893	361903	361913	361863	361873	361883
VERDE	361924	361934	361944	361894	361904	361914	361864	361874	361884
GRIS	361925	361935	-	361895	361905	-	361865	361875	361889
AZUL	361926	361936	361945	361896	361906	361915	361866	361876	361885
AMARILLO	-	-	-	361897	361907	-	-	361886	-
NARANJA	-	-	-	-	361908	-	-	361887	-
CAFÉ	-	-	-	-	361910	-	-	361888	-

Color exterior	Cable calibre 8 AWG			Cable calibre 6 AWG			Cable calibre 4 AWG		
	CAJA (100 m)	CARRETE (1 000 m)	CARRETE (500 m)	CAJA (100 m)	CARRETE (1 000 m)	CARRETE (500 m)	CAJA (100 m)	CARRETE (1 000 m)	CARRETE (500 m)
NEGRO	361831	361841	361851	361811	361801	361821	361781	361771	361791
BLANCO	361832	361842	361852	361812	361802	361822	361782	361772	361792
ROJO	361833	361843	361853	361813	361803	361823	361783	361773	361793
VERDE	361834	361844	361854	361814	361804	361824	361784	361774	361794
AZUL	361835	361845	361855	361815	361805	361825	361785	361775	361795
GRIS	-	361850	361860	-	361810	361816	-	361797	361786
AMARILLO	-	361836	361856	-	361826	361817	-	361798	361787
NARANJA	-	361837	-	-	361827	361829	-	361799	361788
CAFÉ	-	361840	361858	-	361828	361830	-	361800	361796

Nota: Estos datos son aproximados y están sujetos a tolerancias de manufactura.

Alambres y cables Vinanel XXI RoHS M.R. tipo THW-LS/THHW-LS 90 °C, 600 V CT-SR

Números de producto de cables según calibre, color exterior y empaque

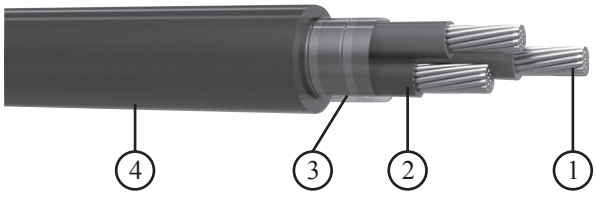
Color exterior	Cable calibre 2 AWG			Cable calibre 1/0 AWG			Cable calibre 2/0 AWG		
	ROLLO (100 m)	CARRETE (1 000 m)	CARRETE (500 m)	ROLLO (100 m)	CARRETE (1 000 m)	CARRETE (500 m)	ROLLO (100 m)	CARRETE (1 000 m)	CARRETE (500 m)
NEGRO	361751	361741	361761	361721	361717	361711	361691	361686	361681
BLANCO	361752	361742	361762	361723	-	361715	-	-	361684
ROJO	361753	361743	361763	361724	361716	361720	-	-	-
VERDE	361754	361744	361764	361722	-	361713	361692	-	361683
AZUL	361755	361745	361765	361725	361719	361714	-	-	

Color exterior	Cable calibre 3/0 AWG			Cable calibre 4/0 AWG			Cable calibre 250 kcmil		
	ROLLO (100 m)	CARRETE (1 000 m)	CARRETE (500 m)	ROLLO (100 m)	CARRETE (1 000 m)	CARRETE (500 m)	ROLLO (100 m)	CARRETE (1 000 m)	CARRETE (500 m)
NEGRO	361661	361656	361651	361631	361626	361621	-	370031	370014
BLANCO	-	361658	361655	-	361627	361624	-	370132	-
ROJO	-	-	361654	-	-	-	-	-	-
VERDE	361662	-	361653	361632	-	361623	-	-	370131

Color exterior	Cable calibre 300 kcmil		Cable calibre 350 kcmil		Cable calibre 400 kcmil		Cable calibre 500 kcmil		Cable calibre 600 kcmil	Cable calibre 750 kcmil
	CARRETE (1 000 m)	CARRETE (500 m)	CARRETE (1 000 m)	CARRETE (500 m)	CARRETE (1 000 m)	CARRETE (500 m)	CARRETE (1 000 m)	CARRETE (500 m)	CARRETE (500 m)	CARRETE (500 m)
NEGRO	370032	370015	370033	370016	370034	370017	370035	370018	370029	370019
BLANCO	370122	-	-	-	-	-	-	-	-	-
VERDE	-	370121	-	370111	-	370101	-	370091	370081	370071
VERDE	361662	-	361653	361632	-	361623	-	-	370131	

Color exterior	Cable calibre 1 000 kcmil	Cable calibre 1 500 kcmil
	CARRETE (500 m)	CARRETE (500 m)
NEGRO	100203002A	100203006A

Nota: Estos datos son aproximados y están sujetos a tolerancias de manufactura.



Cable multiconductor Vinanel XXI RoHS[M.R.] tipo THW-LS/THHW-LS 90 °C, 600 V CT-SR

Descripción

1. Conductores redondos comprimidos de cobre suave cableado clase B.
2. Aislamiento de policloruro de vinilo (PVC) tipo THW-LS/THHW-LS en colores: negro, rojo y azul.
3. Cinta separadora.
4. Cubierta exterior de policloruro de vinilo (PVC) en color negro.

Aplicaciones

Circuitos derivados y alimentadores en baja tensión en edificios públicos, escuelas, hoteles, hospitales, comercios y en industrias en general. Ideal para instalarse en interiores o exteriores en charolas, tubos (conduit), ductos o trincheras.

Cumple lo dispuesto por el Artículo 392 de la norma NOM-001-SEDE-2012

Tensión máxima de operación

600 V.

Temperatura máxima conductor

- En ambiente húmedo: 75 °C.
- En ambiente seco: 90 °C.
- En sobrecarga: 105 °C.
- En cortocircuito: 150 °C.

Propiedades

- Es resistente al calor, humedad, aceites y agentes químicos.
- Gran resistencia mecánica y a la abrasión.
- No propaga la flama (Prueba de norma NMX-J-192).
- Resistente a la propagación de incendio (Prueba de flama en charola vertical NMX-J-498), grabado CT (para uso en charola).
- Mínima generación de humos densos y oscuros; tóxicos y corrosivos en caso de incendio.
- Es deslizante, por lo que disminuye hasta 5 veces el esfuerzo de jalado en los cables en tubo (conduit), facilitando la instalación y evitando daños al aislamiento.
- Supera la prueba de resistencia a la intemperie NMX-J-553, grabado SR (para uso en charola).

Certificación

- Sistema de Calidad certificado por: 1005936 QM08 UL REGISTERED FIRM ISO 9001:2008

Conductores Mexicanos Eléctricos y de Telecomunicaciones S.A. de C.V.

- Certificación ANCE del producto

Normas

- NOM-063-SCFI.
- NMX-J-010-ANCE.

Datos para pedido

Cable multiconductor Vinanel XXI RoHS[M.R.] THW-LS/THHW-LS 90 °C, 600 V CT-SR, calibre de los conductores de fuerza y longitud en metros.

Cable multiconductor Vinanel XXI RoHS[M.R.] tipo THW-LS/THHW-LS 90 °C, 600 V CT-SR

Características dimensionales cable multiconductor Vinanel XXI RoHS[M.R.]

Código de producto	Área de la sección transversal mm²	Calibre AWG-kcmil	Número de conductores	Diámetro de cada conductor mm	Diámetro sobre aislamiento mm	Diámetro exterior mm	Peso total kg/km
07010800JA	2,08	14	3	1,80	3,50	10,00	163
07010800KA	3,31	12	3	2,30	4,00	11,00	215
07010800LA	5,26	10	3	2,90	4,60	12,30	291
07010800MA	8,37	8	3	3,60	6,10	16,40	494
07010800NA	13,3	6	3	4,60	7,80	20,00	754
07010800OA	21,2	4	3	5,75	9,00	23,70	1 111
070108017A	33,6	2	3	7,25	10,50	26,90	1 570
070108018A	53,5	1/0	3	8,95	13,20	32,70	2 388
070108019A	67,4	2/0	3	10,0	14,30	35,10	2 872
07010801AA	85,0	3/0	3	11,3	15,50	37,80	3 474
07010801BA	107	4/0	3	12,6	16,90	40,80	4 219
07010801CA	127	250	3	14,1	19,20	47,20	5 292
07010801VA	152	300	3	15,5	20,40	50,10	6 160
07010801WA	177	350	3	16,7	21,70	52,80	7 020
07010801XA	203	400	3	17,9	22,90	55,20	7 872
07010801YA	253	500	3	20,0	25,00	59,80	9 559
07010801ZA	380	750	3	24,5	30,30	72,80	14 261
070108020A	507	1 000	3	28,3	34,10	81,00	18 402

Notas: - Estos datos son aproximados y están sujetos a tolerancias de manufactura.

- Los colores de identificación de los cables indicados en esta hoja técnica son: rojo, negro y azul.
- Se escogieron con base en el criterio de que estos cables alimentan cargas trifásicas.
- Los colores de identificación de un cable de tres conductores dependiendo del sistema eléctrico al que se conecte son:
  - Un circuito trifásico (rojo, negro y azul).
  - Un circuito de dos fases y neutro (rojo, negro y blanco).
  - Un circuito de dos fases y conductor de puesta a tierra (rojo, negro y verde).
  - Un circuito de una fase, un neutro y un conductor de puesta a tierra (rojo, blanco y verde).
- Para los tres últimos casos, el cliente deberá especificar los colores que requiere para identificar su cable en función de su sistema eléctrico.
- En los cables fabricados acorde con la norma NMX-J-010-ANCE, el conductor de puesta a tierra es aislado y en color verde.
- La sección transversal de este conductor puede variar. El cliente deberá indicar el tamaño del conductor de puesta a tierra que requiere su cable.
- En todo caso, para construcciones diferentes a las indicadas, favor de consultar a la Gerencia Técnica Comercial.

Alambres y cables Condumex ZER0H M.R.
tipo THW-LS/THW-LS
Libre de halógenos Ct-Sr 90 °C, 600 V
RoHS para Instalaciones de alta seguridad

Descripción:

1. Conductor de cobre suave sólido o cableado.
2. Aislamiento de Poliolefina termoplástica libre de halógenos, muy baja emision de humos y no propagador del incendio 90 °C, 600 V, en colores.

Propósito:

- Acometida
- Circuitos alimentadores
- Circuitos de distribución
- Circuitos derivados
- Sistemas de puesta a tierra y descargas atmosféricas

Propiedades:

- Alta confiabilidad
- Nula emisión de gases ácidos
- Muy baja emisión de humos oscuros
- Muy reducida emisión de humos blancos
- Buena resistencia a la contaminación atmosférica
- Buena resistencia a la corrosión
- Buena resistencia a la gasolina
- Excelente e inigualable resistencia a la humedad
- Buena resistencia al aceite
- Buena resistencia mecánica
- Deslizante, fácil de instalar
- Excelente e inigualable resistencia a la propagación de la flama
- Excelente e inigualable resistencia a la propagación de la flama en charola vertical
- Excelente e inigualable resistencia a la propagación del incendio
- Excelente e inigualable resistencia a los rayos solares e intemperie.
- Excelente e inigualable desempeño eléctrico en condiciones de humedad
- Garantía de por vida.
- Libre de sustancias peligrosas (RoHS)

Características Especiales:

- Por su excelente comportamiento en caso de incendio los cables Condumex ZER0HM.R son la mejor opción para aquellas instalaciones que requieren alta confiabilidad y seguridad en sus sistemas de cableado, tales como lugares de reunión o de concentración pública, edificios de gran altura, edificios inteligentes y ecológicos, hoteles, aeropuertos, estaciones del metro, tren y autobuses, centros de convenciones, auditorios, etc., ya que la generación humos oscuros y gas ácido corrosivo es despreciable, y presenta una excelente e inigualable resistencia a la propagación del incendio.
- Gracias al innovador aislamiento del cable Condumex ZER0HM.R, las pruebas indicadas en los estándares más estrictos de manufactura son superadas ampliamente, además, protege al medio ambiente y a los seres vivos ya que en su proceso y en su composición no se incluye ningún elemento halogenado. También cumple con la directriz RoHS (restricción del uso de sustancias peligrosas como plomo, mercurio, cadmio, etc.).
- Es adecuado tanto para instalaciones en interiores como en exteriores expuestas directamente a la luz solar. Puede instalarse en charolas (a partir del calibre 4 AWG), tubos (conduit), canaletas, ductos o trincheras, acorde a lo indicado en la NOM-001-SEDE Vigente.
- Resistencia a la propagación de la flama en charola vertical 20 mín. 70 000 BTU/h (NMX-J-498) tipos “CT” y “FT4”.
- Resistencia a la intemperie 720 horas (NMX-J-553) tipo “SR”
- Nula emisión de gas acido halogenado (libre de halógenos NMX-J-472).
- Emisión reducida de humos opacos con NMX-J-474-ANCE y Humos Limitados tipo “ST1” en prueba de propagación de la flama en charola vertical.
- Resistencia a la propagación de incendio NMX-J-093-ANCE.

Norma:

- NMX-J-010-ANCE

Tensión:

- 600 V

Temperatura:

- Operación 90°C
- Sobrecarga 105°C
- Cortocircuito 150°C

Tipo de Instalación:

- Canalizaciones superficiales
- Ductos metálicos y no metálicos con tapa
- Ductos subterráneos
- Soporte metálico tipo charola
- Trinchera
- Tubo conduit

Material de Aislamiento:

- Poliolefina termoplástica.

Certificado de planta:

- Sistema de calidad ISO 9001:2008 certificado por el Instituto Mexicano de Normalización y Certificación A.C. (IMNC)

Certificado de Producto:

- Asociación de Normalización y Certificación A.C. (ANCE)

Otros Datos Para Pedido:

- Alambre o cable Condumex ZER0H M.R ., calibre o área de sección transversal en mm2, color, tipo de empaque, número de producto y longitud en metros.

DATOS DIMENSIONALES DE ALAMBRES

Calibre (AWG-kcmil)	Área de la sección transversal (mm^2)	Diámetro del conductor (mm)	Espesor nominal del aislamiento (mm)	Diámetro exterior nominal (mm)	Peso nominal del cable (kg/km)
14	2,08	1,63	0,76	3,15	27
12	3,31	2,05	0,76	3,57	39
10	5,26	2,59	0,76	4,11	59
8	8,37	3,26	1,14	5,54	98

DATOS DIMENSIONALES DE ALAMBRES

Calibre (AWG-kcmil)	Área de la sección transversal (mm^2)	Número de alambres del conductor	Diámetro del conductor (mm	Espesor nominal del aislamiento (mm)	Diámetro exterior nominal (mm)	Peso nominal del cable (kg/km)
14	2,08	19	1,78	0,76	3,30	29
12	3,31	19	2,26	0,76	3,78	42
10	5,26	19	2,84	0,76	4,36	63
8	8,37	19	3,58	1,14	5,86	104
6	13,30	19	4,51	1,52	7,55	168
4	21,20	19	5,69	1,52	8,73	249
2	33,60	19	7,18	1,52	10,22	375
1/0	53,50	19	9,18	2,03	13,24	602
2/0	67,40	19	10,31	2,03	14,37	742
3/0	85,00	19	11,58	2,03	15,64	918
4/0	107,00	19	13,00	2,03	17,06	1 136
250	127,00	37	14,18	2,41	19,00	1 362
300	152,00	37	15,52	2,41	20,34	1 610
350	177,00	37	16,78	2,41	21,60	1 862
400	203,00	37	17,94	2,41	22,76	2 110
500	253,00	37	20,04	2,41	24,86	2 600
600	304,00	61	22,00	2,79	27,58	3 118
750	380,00	61	24,59	2,79	30,17	3 849
1000	506,70	61	28,39	2,79	34,02	5 046

Alambres y cables Vinanel[M.R.] Nylon RoHS tipo THHN/THWN-2 90 °C, 600 V CT-SR

Descripción

1. Conductor de cobre suave, sólido o cableado.
2. Aislamiento a base de policloruro de vinilo (PVC).
3. Cubierta de nylon.

Aplicaciones

El cable Vinanel[M.R.] Nylon RoHS tiene propiedades eléctricas, mecánicas, químicas, térmicas y ecológicas que lo hacen ideal para circuitos alimentadores y derivados en instalaciones eléctricas en industrias, bodegas, almacenes, talleres, laboratorios, etc.

Es adecuado para instalaciones en interiores o exteriores expuestas directamente a la luz solar. Puede instalarse en charolas (a partir del calibre 4 AWG), tubos (conduit), canaletas, ductos o trincheras.

Este producto cuida y protege al medio ambiente y los seres vivos ya que en la formulación del aislamiento, su cubierta y en el proceso de manufactura se cumple con la directriz RoHS (restricción del uso de sustancias peligrosas), establecida por la Comunidad Europea y el estado de California entre otros.

Tensión máxima de operación

600 V c.a. entre fases.

Temperaturas máximas conductor

- En ambiente húmedo (THWN-2): 90 °C.
- En ambiente seco (THHN): 90 °C.
- En sobrecarga: 105 °C.
- En cortocircuito: 150 °C.
- En aceite: 75 °C.

Propiedades

- La sección transversal de estos productos es, en términos generales, 20% inferior a la de los conductores TW y THW-LS, lo que permite obtener un ahorro considerable en tubería (conduit).
- Buenas propiedades dieléctricas.
- Buena resistencia al calor, humedad, aceite, gasolina, grasas y agentes químicos.
- No propaga la flama (supera la prueba de flama horizontal de la norma NMX-J-192).
- El producto supera la prueba de flama en charola vertical de la norma NMX-J-010 por lo cual el producto se graba como CT a partir del calibre 4 AWG.
- Puede instalarse en exteriores expuesto directamente a los rayos solares (supera la prueba de resistencia a la intemperie de la norma NMX-J-010, por lo cual el producto se graba como SR).
- La cubierta de nylon es resistente a la abrasión y al abuso mecánico.
- Supera la prueba de resistencia a baja temperatura (-25 °C de UL).

Certificación

- Sistema de calidad certificado bajo norma ISO 9001:2008.
- Certificación ANCE del producto.

Cert. No. 10005935 QM08
ISO-9001:2008
Conductores Mexicanos Eléctricos y de Telecomunicaciones S.A. de C.V.

Normas

- NOM-063-SCFI.
- NMX-J-010-ANCE.

Datos para pedido

Alambre o cable Vinanel[M.R.] Nylon RoHS tipo THHN/THWN-2 90 °C, 600V CT-SR, calibre, color, número de producto, tipo de empaque y longitud en metros.

RoHS
CONDUMEX ECOLOGICAL CABLES

Alambres y cables Vinanel[M.R.] Nylon RoHS tipo THHN/THWN-2 90 °C, 600 V CT-SR

Datos dimensionales de alambres

Calibre (AWG-kcmil)	Área de la sección transversal (mm^2)	Número de alambres del conductor	Diámetro del conductor (mm)	Espesor nominal primera capa (mm)	Espesor nominal segunda capa (mm)	Diámetro exterior nominal (mm)	Peso nominal del cable (kg/km)
14	2,08	1	1,63	0,38	0,10	2,60	24
12	3,31	1	2,05	0,38	0,10	3,00	35
10	5,26	1	2,60	0,51	0,10	3,80	56
8	8,37	1	3,26	0,76	0,13	5,10	91

Datos dimensionales de cables

Calibre (AWG-kcmil)	Área de la sección transversal (mm^2)	Número de alambres del conductor	Diámetro del conductor (mm)	Espesor nominal primera capa (mm)	Espesor nominal segunda capa (mm)	Diámetro exterior nominal (mm)	Peso nominal del cable (kg/km)
14	2,08	19	1,80	0,38	0,10	2,80	25
12	3,31	19	2,30	0,38	0,10	3,30	37
10	5,26	19	2,90	0,51	0,10	4,10	58
8	8,37	19	3,70	0,76	0,13	5,50	95
6	13,30	19	4,60	0,76	0,13	6,40	144
4	21,20	19	5,80	1,02	0,15	8,10	230
2	33,60	19	7,30	1,02	0,15	9,60	353
1/0	53,50	19	9,20	1,27	0,18	12,10	560
2/0	67,40	19	10,30	1,27	0,18	13,20	695
3/0	85,00	19	11,60	1,27	0,18	14,50	865
4/0	107,00	19	13,00	1,27	0,18	16,00	1 077
250	127,00	37	14,20	1,52	0,20	17,70	1 281
300	152,00	37	15,50	1,52	0,20	19,00	1 523
350	177,00	37	16,80	1,52	0,20	20,30	1 765
400	203,00	37	17,90	1,52	0,20	21,40	2 006
500	253,00	37	20,00	1,52	0,20	23,50	2 486
750	380,00	61	24,60	1,78	0,23	28,70	3 706
1 000	507,00	61	28,40	1,78	0,23	32,50	4 898

Nota: Estos datos son aproximados y están sujetos a tolerancias de manufactura.
Para construcciones diferentes a las indicadas, favor de consultar a nuestro departamento de asesoría técnica.

Alambres y cables Vinanel[M.R.] Nylon RoHS tipo THHN/THWN-2 90 °C, 600 V CT-SR

Números de producto de alambres según calibre, color exterior y empaque

Color exterior	Alambre calibre 14 AWG	Alambre calibre 12 AWG	Alambre calibre 10 AWG	Alambre calibre 8 AWG
	CAJA (100 m)			
NEGRO	C14002207	C12002207	C10002207	C08002207
ROJO	C14022207	C12022207	C10022207	C08022207
AMARILLO	C14042207	C12042207	C10042207	C08042207
VERDE	C14052207	C12052207	C10052207	C08052207
AZUL	C14062207	C12062207	C10062207	C08062207
BLANCO	C14092207	C12092207	C10092207	C08092207

Números de producto de cables según calibre, color exterior y empaque

Color exterior	Cable calibre 14 AWG		Cable calibre 12 AWG		Cable calibre 10 AWG		Cable calibre 8 AWG	
	CAJA (100 m)	CARRETE (1 000 m)	CAJA (100 m)	CARRETE (1 000 m)	CAJA (100 m)	CARRETE (1 000 m)	CAJA (100 m)	CARRETE (1 000 m)
NEGRO	C14101207	C14101357	C12101207	C12101357	C10101207	C10101357	C08101207	C08101457
ROJO	C14121207	C14121357	C12121207	C12121357	C10121207	C10121357	C08121207	C08121457
AMARILLO	C14141207	C14141357	C12141207	C12141357	C10141207	C10141357	C08141207	C08141457
VERDE	C14151207	C14151357	C12151207	C12151357	C10151207	C10151357	C08151207	C08151457
AZUL	C14161207	C14161357	C12161207	C12161357	C10161207	C10161357	C08161207	C08161457
BLANCO	C14191207	C14191357	C12191207	C12191357	C10191207	C10191357	C08191207	C08191457
NARANJA	C14131207	-	C12131207	C12131357	C10131207	C10131357	-	-
CAFÉ	-	-	C12111207	C12111357	C10111207	C10111357	-	-
GRIS	-	-	C12181207	C12181357	C10181207	C10181357	-	-

Color exterior	Cable calibre 6 AWG		Cable calibre 4 AWG		Cable calibre 2 AWG		Cable calibre 1/0 AWG	
	ROLLO (100 m)	CARRETE (1 000 m)	ROLLO (100 m)	CARRETE (1 000 m)	ROLLO (100 m)	CARRETE (1 000 m)	ROLLO (100 m)	CARRETE (1 000 m)
NEGRO	C06101107	C06101457	C04101107	C04101457	C02101107	C02101457	C1C101107	C1C101435
ROJO	C06121107	C06121457	C04121107	C04121457	C02121107	C02121457	-	-
AMARILLO	-	-	-	-	-	-	-	-
VERDE	C06151107	C06151457	C04151107	C04151457	C02151107	C02151457	-	-
AZUL	C06161107	C06161457	C04161107	C04161457	-	-	-	-
BLANCO	C06191107	C06191457	C04191107	C04191457	C02191107	C02191457	-	-

Nota: Estos datos son aproximados y están sujetos a tolerancias de manufactura.
Para construcciones diferentes a las indicadas, favor de consultar a nuestro departamento de asesoría técnica.

Alambres y cables Vinanel[M.R.] Nylon RoHS tipo THHN/THWN-2 90 °C, 600 V CT-SR

Números de producto de cables según calibre, color exterior y empaque

Color exterior	Cable calibre 2/0 AWG		Cable calibre 3/0 AWG		Cable calibre 4/0 AWG		Cable calibre 250 kcmil	Cable calibre 300 kcmil	Cable calibre 350 kcmil
	ROLLO (100 m)	CARRETE (500 m)	ROLLO (100 m)	CARRETE (500 m)	ROLLO (100 m)	CARRETE (500 m)	CARRETE (500 m)		
NEGRO	C2C101107	C2C101435	C3C101107	C3C101435	C4C101107	C4C101435	C25101435	C30101435	C35101435

Color exterior	Cable calibre 400 kcmil	Cable calibre 500 kcmil	Cable calibre 750 kcmil					Cable calibre 1 000 kcmil
	CARRETE (500 m)		CARRETE (152 m)	CARRETE (305 m)	CARRETE (457 m)	CARRETE (500 m)	CARRETE (1 000 m)	CARRETE (500 m)
NEGRO	C40101435	C50101435	C75101410	C75101421	C75101429	C75101435	C75101457	C00101435

Nota: Estos datos son aproximados y están sujetos a tolerancias de manufactura.
Para construcciones diferentes a las indicadas, favor de consultar a nuestro departamento de asesoría técnica.

Cable Vulcanel[M.R.] XLP tipo XHHW-2 LS CT-SR, RoHS 90 °C, 600 V

Descripción

1. Conductor de cobre suave cableado clase B.
2. Aislamiento de polietileno de cadena cruzada (XLP) de baja emisión de humos y resistente a la propagación de incendios y a la intemperie, en color negro.

Aplicación

Circuitos alimentadores y derivados en baja tensión en edificios públicos, escuelas, hoteles, hospitales, auditorios, estadios, etc.

Se utiliza en instalaciones industriales y comerciales, instalado en ductos, tubo (conduit) o en soportes continuos tipo charola para cables en interiores o exteriores (a partir del calibre 4 AWG y mayores el cable se graba CT acorde a la norma NOM-001-SEDE-2012 Artículo 392).

Ideal para acometidas subterráneas, circuitos de alumbrado público e instalaciones eléctricas en edificios ubicados en costas.

Tensión máxima de operación

600 V c.a. entre fases.

Temperatura máxima conductor

- Ambientes secos y mojados: 90 °C.
- Sobrecarga: 130 °C.
- Cortocircuito: 250 °C.

Propiedades

- La sección transversal de estos conductores es menor que la de los tipos RHH-RHW-2 por lo que facilita su instalación en los tubos (conduit).
- Excelente resistencia a la humedad.
- Excelente resistencia a la mayoría de los aceites y agentes químicos.
- Pasa la prueba de resistencia a baja temperatura
- Excelentes propiedades dieléctricas.
- 90 °C de temperatura de operación en ambientes secos y mojados.
- Baja emisión de humos densos y oscuros; tóxicos y corrosivos en caso de incendio (LS).
- No propaga el incendio en charola vertical (CT).
- Resiste la intemperie y la luz solar (SR).
- Cumple la directriz RoHS (No contiene sustancias peligrosas) y por tanto cuida el ambiente.

Certificaciones

- Sistema de calidad certificado por:
- Certificación ANCE del producto.

1005936 QM08 UL REGISTERED FIRM ISO 9001:2008

Conductores Mexicanos Eléctricos y de Telecomunicaciones S.A. de C.V.

Norma

NMX-J-451-ANCE.

Datos para pedido

Cable Vulcanel[M.R.] XLP tipo XHHW-2 LS CT-SR RoHS 90 °C, 600 V, con aislamiento de XLP y conductor de cobre suave, calibre o sección transversal en mm^2, longitud en metros y número de producto.

Cable Vulcanel[M.R.] XLP tipo XHHW-2 LS CT-SR, RoHS 90 °C, 600 V

Características constructivas cable Vulcanel[M.R.] XLP tipo XHHW-2 LS CT-SR, RoHS

Número de producto	Calibre AWG/ kcmil	Conductor			Espesor nominal del aislamiento mm	Diámetro exterior nominal mm	Peso kg/km
		Número de hilos	Área mm²	Diámetro nominal mm			
15000P001A	14	7	2,08	1,8	0,80	3,6	31
15000P002A	12	7	3,31	2,4	0,80	3,9	40
15000P003A	10	7	5,26	2,9	0,80	4,6	59
15000P004A	8	7	8,37	3,7	1,14	6,1	96
15000P005A	6	7	13,3	4,6	1,14	7,2	149
15000P006A	4	7	21,2	5,8	1,14	8,4	228
15000P007A	2	7	33,6	7,4	1,14	10,0	351
15000P009A	1/0	19	53,5	9,3	1,40	12,4	553
15000P00AA	2/0	19	67,4	10,5	1,40	13,3	688
15000P00BA	3/0	19	85,0	11,8	1,40	14,6	844
15000P00CA	4/0	19	107	13,3	1,40	16,1	1 056
15000P00DA	250	37	127	14,4	1,65	17,9	1 269
15000P00EA	300	37	152	15,8	1,65	19,5	1 510
15000P00FA	350	37	177	17,1	1,65	20,8	1 752
15000P00GA	400	37	203	18,2	1,65	21,9	1 992
15000P00IA	500	37	253	20,4	1,65	24,0	2 474
15000P00JA	600	61	304	22,4	2,03	26,9	2 988
15000P00KA	750	61	380	25,0	2,03	29,5	3 705
15000P00LA	1 000	61	507	28,9	2,03	33,5	4 904

Nota: Para construcciones diferentes a las marcadas, favor de consultar a nuestro departamento de Asesoría Técnica.

Cables Vulcanel[M.R.] XLP RoHS tipo RHH/RHW-2 90 °C, 600 V CT-SR

Descripción

1. Conductor de cobre suave electrolítico.
2. Aislamiento de polietileno de cadena cruzada (XLP).

Aplicación

Puede ser instalado al aire libre, en ductos o directamente enterrado. Se aplica en instalaciones comerciales e industriales. Es ideal para acometidas subterráneas en baja tensión.

Tensión máxima de operación

600 V.

Temperatura máxima conductor

- Ambiente seco y húmedo (RHH/RHW-2): 90 °C.
- Sobrecarga: 130 °C.
- Cortocircuito: 250 °C.

Propiedades

- Excelente resistencia a la humedad.
- Mayor espesor de aislamiento que los cables XHHW-2.
- Excelentes propiedades eléctricas.
- Buena resistencia a la mayoría de los aceites y agentes químicos.
- Pasa la prueba de resistencia a baja temperatura (-25 °C)(UL).
- En colores.
- Retardante a la flama.

Certificaciones

Sistema de calidad certificado por:

1005936 QM08 ISO 9001:2008

Conductores Mexicanos Eléctricos y de Telecomunicaciones S.A. de C.V.

Norma

NMX-J-451-ANCE.

Datos para pedido

Cable Vulcanel[M.R.] XLP RoHS tipo RHH/RHW-2 90 °C 600 V CT-SR, conductor de cobre, calibre, color, longitud en metros y número de producto.

Cables Vulcanel[M.R.] XLP RoHS tipo RHH/RHW-2 90 °C, 600 V CT-SR

Características constructivas cable Vulcanel[M.R.] XLP RoHS

Número de producto	Calibre AWG/ kcmil	Conductor			Espesor nominal del aislamiento mm	Diámetro exterior nominal mm	Peso kg/km
		Número de hilos	Área mm²	Diámetro nominal mm			
150006018A	14	7	2,08	1,8	1,14	4,1	34
150006019A	12	7	3,31	2,3	1,14	4,6	47
15000601AA	10	7	5,26	2,9	1,14	5,2	68
150006014A	8	7	8,37	3,7	1,52	6,7	120
150006015A	6	7	13,3	4,6	1,52	7,6	173
150006016A	4	7	21,2	5,8	1,52	8,8	255
150006017A	2	7	33,6	7,4	1,52	10,4	386
15000600WA	1/0	19	53,5	9,3	2,03	13,4	613
15000600XA	2/0	19	67,4	10,5	2,03	14,6	754
15000600YA	3/0	19	85,0	11,8	2,03	15,6	878
15000600ZA	4/0	19	107	13,3	2,03	17,4	1 106
150006010A	250	37	127	14,4	2,41	19,2	1 320
150006011A	300	37	152	15,8	2,41	20,6	1 568
150006012A	350	37	177	17,1	2,41	21,9	1 783
15000600NA	500	37	253	20,4	2,41	25,2	2 542
15000600OA	600	61	304	22,4	2,79	28,0	3 150
15000600RA	750	61	380	25,0	2,79	30,6	3 782
150006066A	1 000	61	507	28,9	2,79	34,5	4 919

Notas: - Para construcciones diferentes a las marcadas, favor de consultar nuestro departamento de Asesoría Técnica.
- Estos datos son aproximados y están sujetos a tolerancias de manufactura.

Cables Vulcanel[M.R.] EP-FR+CPE RoHS tipo RHH/RHW-2 90 °C, 600 V CT-SR

Descripción

1. Conductor de cobre suave electrolítico.
2. Primer capa a base de etileno-propileno (EP).
3. Segunda capa a base de polietileno clorado (CPE) en color negro.

Aplicación

Todo tipo de industrias, en especial aquellas con circuitos eléctricos pesados, como: siderúrgicas, plantas textiles, plantas cementeras, etc. Puede ser instalado en charolas, tubos (conduit), ductos o directamente enterrados.

Tensión máxima de operación

600 V.

Temperaturas máximas conductor

- Ambiente seco y húmedo (RHH/RHW-2): 90 °C.
- Sobrecarga: 130 °C.
- Cortocircuito: 250 °C.

Propiedades

- Retardante a la flama.
- Resiste altas temperaturas ambiente.
- Excelentes propiedades eléctricas.
- Excelente resistencia a la mayoría de los aceites y agentes químicos.
- Mayor espesor de aislamiento que los cables tipo RHH/RHW-2 con aislamiento de XLP.
- Pasa la prueba de resistencia a baja temperatura (-25 °C)(UL).

Certificaciones

Sistema de calidad certificado por:

1005936 QM08 UL REGISTERED FIRM ISO 9001:2008

Conductores Mexicanos Eléctricos y de Telecomunicaciones S.A. de C.V.

Norma

NMX-J-451-ANCE.

Datos para pedido

Cable Vulcanel[M.R.] con aislamiento combinado de EP-FR+CPE RoHS tipo RHH/RHW-2, 90 °C, 600 V CT-SR, conductor de cobre, calibre, longitud en metros y número de producto.

Cables Vulcanel[M.R.] EP-FR+CPE RoHS tipo RHH/RHW-2 90 °C, 600 V CT-SR

Características constructivas cables Vulcanel[M.R.] EP-FR+CPE RoHS tipo RHH/RHW-2

Número de producto	Calibre (AWG/ kcmil)	Área de la sección transversal (mm^2)	Número de alambres del conductor	Diámetro del conductor (mm)	Espesor nominal del aislamiento (mm)	Diámetro exterior nominal (mm)	Peso nominal del cable (kg/km)	Empaque	Color exterior
15000A01OA	14	2,08	7	1,78	1,14	4,14	31	Carrete	Negro
15000A01PA	12	3,31	7	2,24	1,14	4,59	44	Carrete	Negro
15000A01QA	10	5,26	7	2,84	1,14	5,20	64	Carrete	Negro
15000A02BA	8	8,37	7	3,57	1,52	6,83	111	Carrete	Negro
15000A02CA	6	13,30	7	4,47	1,52	7,73	161	Carrete	Negro
15000A01TA	4	21,15	7	5,66	1,52	8,92	240	Carrete	Negro
15000A01UA	2	33,62	7	7,12	1,52	10,37	360	Carrete	Negro
15000A01VA	1	42,41	19	8,10	2,03	12,38	475	Carrete	Negro
15000A01WA	1/0	53,50	19	9,10	2,03	13,38	584	Carrete	Negro
15000A01XA	2/0	67,40	19	10,20	2,03	14,47	719	Carrete	Negro
15000A01YA	3/0	85,00	19	11,48	2,03	15,76	889	Carrete	Negro
15000A01ZA	4/0	107,00	19	12,87	2,03	17,15	1 103	Carrete	Negro
15000A020A	250	127,00	37	14,06	2,41	19,10	1 318	Carrete	Negro
15000A021A	300	152,00	37	15,35	2,41	20,39	1 558	Carrete	Negro
15000A022A	350	177,00	37	16,63	2,41	21,68	1 803	Carrete	Negro
15000A023A	400	203,00	37	17,72	2,41	22,76	2 043	Carrete	Negro
15000A024A	500	253,00	37	19,80	2,41	24,84	2 523	Carrete	Negro
15000A025A	600	304,00	61	21,78	2,79	27,59	3 071	Carrete	Negro
15000A026A	750	380,00	61	24,35	2,79	30,17	3 796	Carrete	Negro
15000A02AA	1 000	507,00	61	28,12	2,79	33,93	4 999	Carrete	Negro

Notas: - Estos datos son aproximados y están sujetos a tolerancias de manufactura.
- Para construcciones diferentes a las indicadas, favor de consultar a nuestro departamento de asesoría técnica.
* El producto no es de stock. Se puede entregar en diferentes tramos o según norma de fabricación.

Cordón Flexanel[M.R.] uso rudo tipo SJT 60 °C, 300 V RoHS

Descripción

1. Conductores flexibles de cobre suave.
2. Aislamiento flexible a base de policloruro de vinilo (PVC) en colores:
   - Dos conductores: negro y blanco.
   - Tres conductores: negro, blanco y verde.
   - Cuatro conductores: negro, blanco, rojo y verde.
3. Cubierta a base de policloruro de vinilo (PVC) estriada en color negro.

Aplicación

Alimentación de aparatos estacionarios o portátiles para uso industrial, comercial o doméstico, tales como: refrigeradores, lavadoras, taladros, sierras mecánicas, ventiladores, etc.

Tensión máxima de operación

300 V.

Temperaturas máximas conductor

60 °C.

Propiedades

- Gran flexibilidad.
- Gran resistencia mecánica.
- Resistente a la abrasión, a la humedad, ácidos y aceites.
- Este producto cuida y protege al medio ambiente y los seres vivos ya que en la formulación del aislamiento, su cubierta y en el proceso de manufactura se cumple con la directriz RoHS (restricción del uso de sustancias peligrosas) establecida por la Comunidad Europea y el Estado de California entre otros.

Certificación

- Sistema de calidad certificado por:

Cert. No. 10005935 QM08
ISO-9001:2008
Conductores Mexicanos Eléctricos y de Telecomunicaciones S.A. de C.V.

- Certificación ANCE del producto.

Norma

NMX-J-436-ANCE.

Datos para pedido

Cordón Flexanel[M.R.] uso rudo tipo SJT 60 °C, 300 V RoHS, número de conductores, calibre, longitud en metros y número de producto.

Cordón Flexanel[M.R.] uso rudo tipo SJT 60 °C, 300 V RoHS

Características constructivas cordón Flexanel[M.R.] uso rudo tipo SJT

Número de producto	Tipo de empaque	Longitud del empaque m	Número de conductores	Calibre AWG	Conductor		Espesor nominal del aislamiento mm	Diámetro exterior nominal mm	Peso kg/km
					Área mm²	Diámetro mm			
HC218B107	Rollo	100	2	18	0,824	1,18	0,76	7,6	73
HC218B435	Carrete	500	2	18	0,824	1,18	0,76	7,6	73
HC318B107	Rollo	100	3	18	0,824	1,18	0,76	8,1	88
HC216B107	Rollo	100	2	16	1,31	1,50	0,76	8,2	90
HC216B435	Carrete	500	2	16	1,31	1,50	0,76	8,2	90
HC316B107	Rollo	100	3	16	1,31	1,50	0,76	8,7	112
HC316B435	Carrete	500	3	16	1,31	1,50	0,76	8,7	112
HC214B107	Rollo	100	2	14	2,08	1,89	0,76	9,0	116
HC214B435	Carrete	500	2	14	2,08	1,89	0,76	9,0	116
HC314B107	Rollo	100	3	14	2,08	1,89	0,76	9,5	146
HC314B435	Carrete	500	3	14	2,08	1,89	0,76	9,5	146
HC212B107	Rollo	100	2	12	3,31	2,37	0,76	11,0	168
HC212B435	Carrete	500	2	12	3,31	2,37	0,76	11,0	168
HC312B107	Rollo	100	3	12	3,31	2,37	0,76	11,5	211
HC312B435	Carrete	500	3	12	3,31	2,37	0,76	11,5	211
HC210B107	Rollo	100	2	10	5,26	3,00	1,14	14,6	290
HC210B435	Carrete	500	2	10	5,26	3,00	1,14	14,6	290
HC310B107	Rollo	100	3	10	5,26	3,00	1,14	15,3	363
HC310B435	Carrete	500	3	10	5,26	3,00	1,14	15,3	363

Nota: Estos datos son aproximados y están sujetos a tolerancias de manufactura.

Cordón Flexanel[M.R.] uso extra-rudo tipo ST 60 °C, 600 V RoHS

Descripción

1. Conductores flexibles de cobre suave.
2. Aislamiento a base de policloruro de vinilo (PVC) en colores:
   - Dos conductores: negro y blanco.
   - Tres conductores: negro, blanco y verde.
   - Cuatro conductores: negro, blanco, rojo y verde.
3. Cubierta a base de policloruro de vinilo (PVC) estriada en color negro.

Aplicaciones

Alimentación de aparatos estacionarios o portátiles para uso industrial, comercial o doméstico tales como: refrigeradores, lavadoras, taladros, sierras mecánicas, ventiladores, etc.

Por su nivel de aislamiento puede alimentar máquinas industriales con tensiones de operación de hasta 600 volts entre fases, corriente alterna.

Tensión máxima de operación

600 V.

Temperatura máxima conductor

60 °C.

Propiedades

- Gran flexibilidad.
- Gran resistencia mecánica.
- Resistente a la abrasión, a la humedad, ácidos y aceites.
- Mayor tensión de operación (600 V c.a. entre fases).
- Este producto cuida y protege al medio ambiente y los seres vivos ya que en la formulación del aislamiento, su cubierta y en el proceso de manufactura se cumple con la directriz RoHS (restricción del uso de sustancias peligrosas) establecida por la Comunidad Europea y el estado de California entre otros.

Certificación

- Sistema de calidad certificado por:

Cert. No. 10005935 QM08
ISO-9001:2008
Conductores Mexicanos Eléctricos y de Telecomunicaciones S.A. de C.V.

- Certificación ANCE del producto.

Norma

NMX-J-436-ANCE.

Datos para pedido

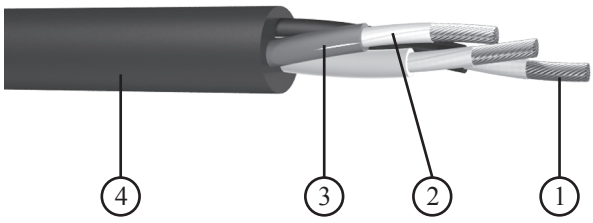
Cordón Flexanel[M.R.] uso extra rudo tipo ST 60 °C, 600 V RoHS, número de conductores, calibre, longitud en metros y número de producto.

Cordón Flexanel[M.R.] uso extra-rudo tipo ST 60 °C, 600 V RoHS

Características constructivas cordón Flexanel[M.R.] uso exta-rudo tipo ST

Número de producto	Tipo de empaque	Longitud del empaque mm	Número de conductores	Calibre AWG	Conductor		Espesor nominal del aislamiento mm	Diámetro exterior nominal mm	Peso kg/ km
					Área mm²	Diámetro mm			
HC218A107	Rollo	100	2	18	0,824	1,18	0,76	9,29	98
HC218A435	Carrete	500	2	18	0,824	1,18	0,76	9,29	98
HC318A107	Rollo	100	3	18	0,824	1,18	0,76	9,65	115
HC318A435	Carrete	500	3	18	0,824	1,18	0,76	9,65	115
HC418A107	Rollo	100	4	18	0,824	1,18	0,76	10,37	137
HC418A435	Carrete	500	4	18	0,824	1,18	0,76	10,37	137
HC216A107	Rollo	100	2	16	1,31	1,50	0,76	9,89	118
HC216A435	Carrete	500	2	16	1,31	1,50	0,76	9,89	118
HC316A107	Rollo	100	3	16	1,31	1,50	0,76	10,37	140
HC316A435	Carrete	500	3	16	1,31	1,50	0,76	10,37	140
HC214A107	Rollo	100	2	14	2,08	1,89	1,14	13,27	207
HC214A435	Carrete	500	2	14	2,08	1,89	1,14	13,27	207
HC314A107	Rollo	100	3	14	2,08	1,89	1,14	13,87	245
HC314A435	Carrete	500	3	14	2,08	1,89	1,14	13,87	245
HC414A107	Rollo	100	4	14	2,08	1,89	1,14	14,96	294
HC414A435	Carrete	500	4	14	2,08	1,89	1,14	14,96	294
HC212A107	Rollo	100	2	12	3,31	2,37	1,14	15,09	276
HC212A435	Carrete	500	2	12	3,31	2,37	1,14	15,09	276
HC312A107	Rollo	100	3	12	3,31	2,37	1,14	15,81	329
HC312A435	Carrete	500	3	12	3,31	2,37	1,14	15,81	329
HC412A107	Rollo	100	4	12	3,31	2,37	1,14	17,13	397
HC412A435	Carrete	500	4	12	3,31	2,37	1,14	17,13	397
HC210A107	Rollo	100	2	10	5,26	3,00	1,14	16,53	348
HC210A435	Carrete	500	2	10	5,26	3,00	1,14	16,53	348
HC310A107	Rollo	100	3	10	5,26	3,00	1,14	17,38	424
HC310A435	Carrete	500	3	10	5,26	3,00	1,14	17,38	424
HC410A107	Rollo	100	4	10	5,26	3,00	1,14	18,70	518
HC410A435	Carrete	500	4	10	5,26	3,00	1,14	18,70	518
HC208A107	Rollo	100	2	8	8,37	4,15	1,52	21,23	572
HC208A435	Carrete	500	2	8	8,37	4,15	1,52	21,23	572
HC308A107	Rollo	100	3	8	8,37	4,15	1,52	22,44	696
HC308A435	Carrete	500	3	8	8,37	4,15	1,52	22,44	696
HC408A107	Rollo	100	4	8	8,37	4,15	1,52	25,34	893
HC408A435	Carrete	500	4	8	8,37	4,15	1,52	25,34	893
HC206A107	Rollo	100	2	6	13,3	5,22	1,52	25,34	781
HC206A435	Carrete	500	2	6	13,3	5,22	1,52	25,34	781
HC306A107	Rollo	100	3	6	13,3	5,22	1,52	26,54	965
HC306A435	Carrete	500	3	6	13,3	5,22	1,52	26,54	965
HC406A107	Rollo	100	4	6	13,3	5,22	1,52	28,96	1 227
HC406A435	Carrete	500	4	6	13,3	5,22	1,52	28,96	1 227
HC304A107	Rollo	100	3	4	21,2	6,56	1,52	30,88	1 345
HC304A435	Carrete	500	3	4	21,2	6,56	1,52	30,88	1 345
HC404A107	Rollo	100	4	4	21,2	6,56	1,52	35,01	1 715
HC404A435	Carrete	500	4	4	21,2	6,56	1,52	35,01	1 715
HC302A107	Rollo	100	3	2	33,6	8,58	1,52	36,20	1 944
HC302A435	Carrete	500	3	2	33,6	8,58	1,52	36,20	1 944
HC402A107	Rollo	100	4	2	33,6	8,58	1,52	39,81	2 479
HC402A435	Carrete	500	4	2	33,6	8,58	1,52	39,81	2 479

Nota: Estos datos son aproximados y están sujetos a tolerancias de manufactura.



Cordón uso rudo tipo SJO 90 °C, 300 V

Descripción

1. Conductores flexibles de cobre suave.
2. Cinta separadora.
3. Aislamiento a base de etileno-propileno (EP) en colores:
   - Dos conductores: negro y blanco.
   - Tres conductores: negro, blanco y verde.
   - Cuatro conductores: negro, rojo, azul y verde.
4. Cubierta exterior a base de polietileno clorado (CPE) en color negro.

Aplicaciones

Alimentación de equipo eléctrico industrial o comercial portátil o semiportátil. Alimentación de máquinas industriales.

Tensión máxima de operación

300 V.

Temperatura máxima conductor

90 °C.

Propiedades

- Gran flexibilidad.
- Gran resistencia mecánica.
- Resistente a la abrasión, a la humedad, ácidos y aceites.
- La cubierta elastomérica proporciona resistencia al contacto momentáneo con objetos calientes.

Certificación

- Sistema de calidad certificado por: 1005936 QM08 UL REGISTERED FIRM ISO 9001:2008
- Certificación ANCE del producto: Conductores Mexicanos Eléctricos y de Telecomunicaciones S.A. de C.V.

Norma

NMX-J-436-ANCE.

Datos para pedido

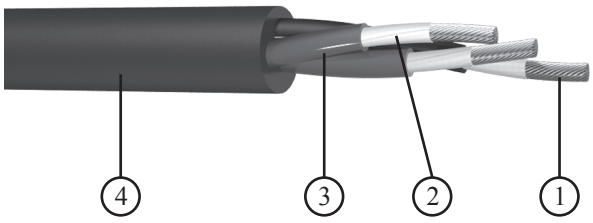
Cordón uso rudo tipo SJO 90 °C, 300 V, número de conductores, calibre, longitud en metros y número de producto.

Cordón uso rudo tipo SJO 90 °C, 300 V

Características constructivas cordón uso rudo tipo SJO

Número de producto	Número de conductores	Calibre AWG	Conductor		Espesor nominal del aislamiento mm	Diámetro exterior nominal mm	Peso kg/km
			Área mm^2	Diámetro mm			
13000002QA	2	14	2,08	1,9	0,76	9,1	128
13000002RA	2	12	3,31	2,4	0,76	11,0	193
13000002SA	2	10	5,26	3,0	1,14	13,4	265
130000044A	3	14	2,08	1,9	0,76	10,0	164
13000004XA	3	12	3,31	2,4	0,76	11,4	240
13000004YA	3	10	5,26	3,0	1,14	16,0	394
130000050A	4	14	2,08	1,9	0,76	10,8	256
130000051A	4	12	3,31	2,4	0,76	12,5	365
130000052A	4	10	5,26	3,0	1,14	16,8	634

Nota: Estos datos son aproximados y están sujetos a tolerancias de manufactura.



Cordón uso extra-rudo tipo SO 90 °C, 600 V

Descripción

1. Conductores flexibles de cobre suave.
2. Cinta separadora.
3. Aislamiento a base de etileno-propileno (EP) en colores:
   - Dos conductores: negro y blanco.
   - Tres conductores: negro, rojo y azul.
   - Cuatro conductores: negro, rojo, azul y blanco.
5. Cubierta exterior a base de polietileno clorado (CPE) en color negro.

Aplicaciones

Alimentación de equipo eléctrico portátil o semiportátil. Ideal para la alimentación de máquinas industriales que por condiciones de operación requieran de conductores flexibles para evitar la transmisión de la vibración.

Tensión máxima de operación

600 V.

Temperatura máxima conductor

90 °C.

Propiedades

- Gran flexibilidad.
- Gran resistencia mecánica.
- Resistente a la abrasión, a la humedad, ácidos y aceites.
- Su cubierta resiste contactos momentáneos con objetos calientes.
- Mayor capacidad de corriente con respecto a los cordones uso extra rudo tipo ST.

Certificación

- Sistema de calidad certificado por:

1005936 QM08 UL REGISTERED FIRM ISO 9001:2008

Conductores Mexicanos Eléctricos y de Telecomunicaciones S.A. de C.V.

- Certificación ANCE del producto.

Norma

NMX-J-436-ANCE.

Datos para pedido

Cordón uso extra rudo tipo SO 90 °C, 600 V, número de conductores, calibre, longitud en metros y número de producto.

Cordón uso extra-rudo
tipo SO
90 °C, 600 V

Características constructivas cordón uso rudo tipo SO

Número de producto	Número de conductores	Calibre AWG	Conductor		Espesor nominal del aislamiento mm	Diámetro exterior nominal mm	Peso kg/km
			Área mm^2	Diámetro mm			
13000105IA	2	14	2,08	1,9	1,14	13,9	292
13000105JA	2	12	3,31	2,4	1,14	15,7	323
13000105KA	2	10	5,26	3,0	1,14	16,2	398
13000103RA	2	8	8,37	3,8	1,52	21,0	651
13000103LA	2	6	13,3	4,7	1,52	23,7	889
13000103JA	2	4	21,2	6,2	1,52	27,4	1 029
13000103KA	2	2	33,6	7,8	1,52	31,4	1 410
13000105NA	3	14	2,08	1,9	1,14	14,2	280
13000105OA	3	12	3,31	2,4	1,14	16,1	374
13000105PA	3	10	5,26	3,0	1,14	17,3	463
130001040A	3	8	8,37	3,8	1,52	22,2	737
130001030A	3	6	13,3	4,7	1,52	25,3	1 263
13000103SA	3	4	21,2	6,2	1,52	29,0	1 295
13000103TA	3	2	33,6	7,8	1,52	32,9	1 956
13000105SA	4	14	2,08	1,9	1,14	15,4	337
13000105TA	4	12	3,31	2,4	1,14	17,4	444
13000105UA	4	10	5,26	3,0	1,14	18,8	552
130001049A	4	8	8,37	3,8	1,52	24,9	918
130001043A	4	6	13,3	4,7	1,52	28,2	1 343
130001041A	4	4	21,2	6,2	1,52	32,4	1 595
130001042A	4	2	33,6	7,8	1,52	36,7	2 228

Nota: Estos datos son aproximados y están sujetos a tolerancias de manufactura.

Interruptores

Un interruptor es un dispositivo que sirve para interrumpir o restablecer una corriente eléctrica a través de un circuito eléctrico.

Hagamos algunas aclaraciones sobre los términos relativos a los interruptores:

Voltaje nominal del interruptor

Es el valor de tensión o voltaje máximo, al cual puede operar sin sufrir daño alguno. Este valor debe especificarse tanto en c.a. como en c.d.

Corriente nominal de un interruptor

Es el valor de corriente, a la cual puede operar satisfactoriamente y sin sufrir daño alguno.

Falla eléctrica

La falla eléctrica es una operación anormal de un equipo o sistema eléctrico debida a diversas causas, que generalmente se traduce en un incremento de corriente. De acuerdo con las características de la falla, ésta tendrá que ser liberada del sistema en determinado tiempo para evitar daños al equipo conectado o a elementos del sistema.

Sobrecorriente

Cualquier valor de corriente que exceda la corriente nominal de un equipo o a la corriente permisible de un conductor, según sea el caso.

Conceptos básicos sobre interruptores

Sobrecarga y cortocircuito. La sobrecarga es una condición de operación de un equipo en la que se demanda una potencia que excede la nominal, o de un conductor por el cual circula una corriente mayor a la permisible. Cuando dicha condición persiste durante suficiente tiempo, puede causar daños a causa de sobrecalentamientos perjudiciales.

Una sobrecarga no incluye condiciones de cortocircuito o fallas a tierra.

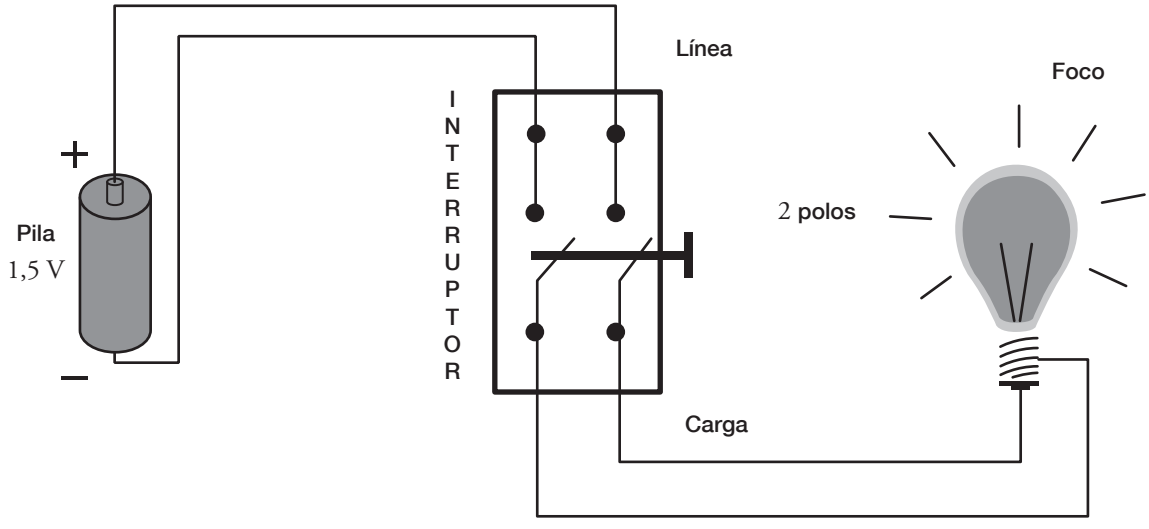
Para nuestro caso consideraremos como sobrecargas todos aquellos valores de corriente que excedan a la corriente nominal de los equipos, pero sin exceder un 500%.

El cortocircuito es una condición en la que la corriente de un equipo o sistema se eleva a valores muy superiores al valor nominal. Para nuestro caso se considera cortocircuito a todo valor de corriente que excede el 500% de la nominal.

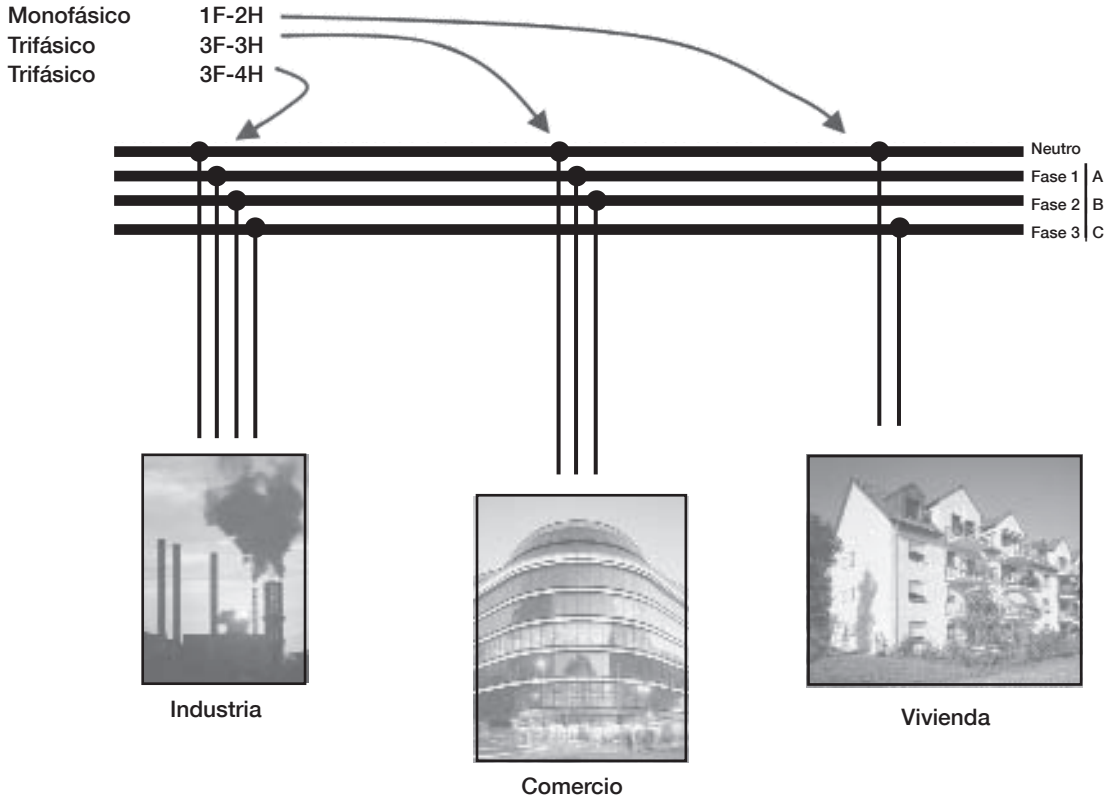
Línea. Se da el nombre de línea al conductor o conjunto de conductores en los cuales hay presencia de voltaje y pueden alimentar un equipo eléctrico.

Carga. Se conoce como carga al aparato o conjunto de aparatos conectados a la línea, que consumirán energía eléctrica.

Polos y fases. Para un interruptor, se conoce como número de polos a la cantidad de pares conductores línea-carga que llegan a dicho interruptor.

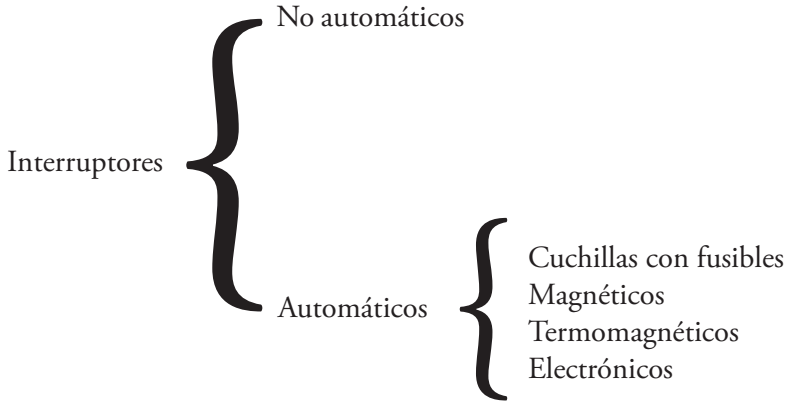


En los sistemas eléctricos convencionales de corriente alterna, se tienen disponibles tres conductores de voltaje y uno neutro; a dichos sistemas se les conoce como de 3F, 4H y, de acuerdo con las necesidades de los usuarios, se podrán tener los siguientes arreglos típicos.



Clasificación general

En el mercado existen diversos tipos de interruptores:



- **Interruptor no automático.** Es aquel cuya única función es la de conectar y desconectar cargas sin brindar ninguna clase de protección.
- **Interruptor automático.** Es aquel que además de conectar y desconectar cargas en circuitos eléctricos, brinda cierta protección a los conductores alimentadores o a los equipos conectados contra fallas eléctricas, provocando la desconexión automática de ellos de la línea.
- **Interruptor de cuchillas o navajas.** En este tipo de interruptor se utiliza la propiedad de algunos metales de fundirse a temperaturas relativamente bajas, basándose en esto, la fabricación de

elementos fusibles, los cuales forman parte del interruptor de cuchillas. Estos interruptores protegen principalmente contra fallas de cortocircuito.

- **Interruptor magnético.** Para la construcción de este tipo de interruptores se aprovecha el campo magnético que se presenta alrededor de un elemento conductor cuando por éste circula una corriente. La magnitud del campo que se presenta es directamente proporcional a la cantidad de corriente circulante.
- **Interruptor termomagnético.** El funcionamiento de estos interruptores se basa en el principio magnético visto anteriormente y en un principio térmico que se describe a continuación: es propiedad de todos los metales dilatarse (aumentar sus dimensiones) al incrementarse su temperatura, pero el porcentaje en que se dilatan depende del metal de que se trate. Por ejemplo, si tomamos dos barras de metales diferentes A y B, cuya longitud a 25 °C es la misma. Si aumentamos la temperatura hasta 50 °C, ambas barras de metal incrementan su longitud, pero en diferente proporción. Si mediante un proceso especial las unimos cuando están a temperatura ambiente, al calentarse se deforman formando una curva. Al conjunto de dos metales con las propiedades anteriores se le denomina bimetal, el cual, incluido dentro de un circuito eléctrico y acoplado a un mecanismo adecuado, forma la protección térmica.
- **Interruptor electrónico.** En este tipo de interruptores, el dispositivo encargado de sensar las corrientes de falla es un circuito electrónico con características muy precisas.

Los interruptores con los que más acercamiento tendremos en una instalación eléctrica son los interruptores termomagnéticos, también conocidos como *breakers*, y están diseñados para conectar y desconectar un circuito por medios no automáticos y desconectar el circuito automáticamente para un valor predeterminado de sobrecorriente, sin que se dañe a sí mismo cuando se usa dentro de sus valores de diseño.

La operación de cerrar y abrir un circuito eléctrico se hace por medio de una palanca que indica posición *adentro* (*on*) y fuera (*off*).

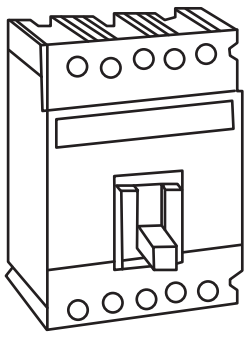
La característica particular de operación de estos interruptores es que, en sobrecargas, el bimetal trabaja para desconectar el circuito. Cuando existe un cortocircuito, el electroimán del interruptor es el que se opera y lo desconecta del circuito; de ahí su nombre: termomagnético.

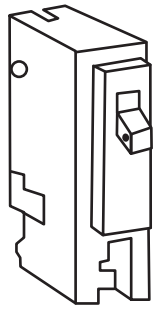
En la página siguiente se ilustran los componentes de un interruptor.

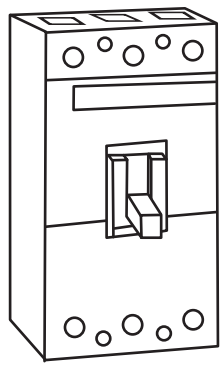
Por la forma es como se conectan a las barras colectoras de los tableros de distribución o centros de carga; pueden ser: del tipo atornillado o del tipo enchufado, se fabrican en los siguientes tipos y capacidades:

- **Un polo:** 15 A, 20 A, 30 A, 40 A y 50 A, etcétera.
- **Dos polos:** 15 A, 20 A, 30 A, 40 A, 50 A y 70 A, etcétera.
- **Tres polos:** 15 A, 20 A, 30 A, 40 A, 50 A, 70 A, 100 A, 125 A, 150 A, 175 A, 200 A, 225 A, 250 A, 300 A, 350 A, 400 A, 500 A y 600 A, etcétera.

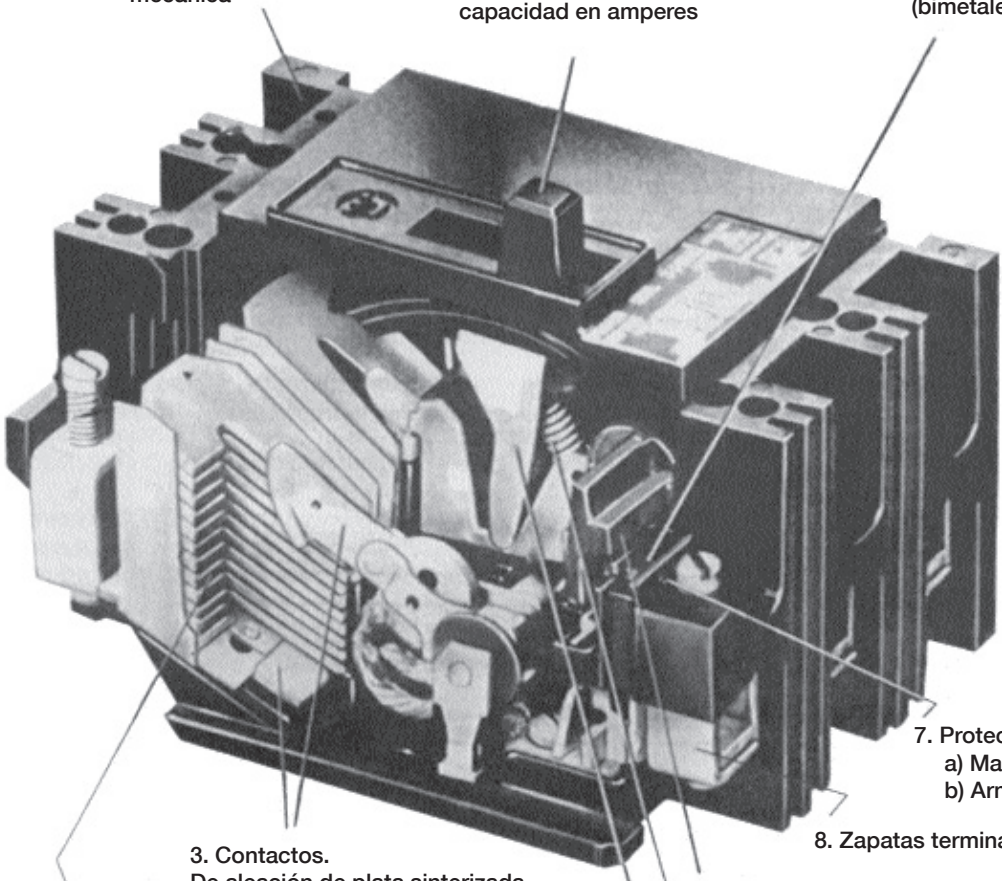
Normalmente el fabricante suministra la curva característica de operación del interruptor, misma que reproducimos más adelante, así como una tabla con los datos técnicos de interruptores comerciales.







Componentes básicos de un interruptor termomagnético



1. Caja moldeada.

Proporciona adecuada resistencia dieléctrica y mecánica

5. Manija de operación.

Indica las posiciones de abierto, disparo y cerrado, así como la capacidad en amperes

6. Protección térmica (bimetales)

7. Protección magnética
a) Magneto
b) Armadura

8. Zapatas terminales

3. Contactos.
De aleación de plata sinterizada

4. Mecanismo de disparo
a) Trinquete
b) Resorte
c) Barra de disparo

2. Cámara de arqueo

Mediante estas cámaras el arco es dividido y extinguido en menos de medio ciclo

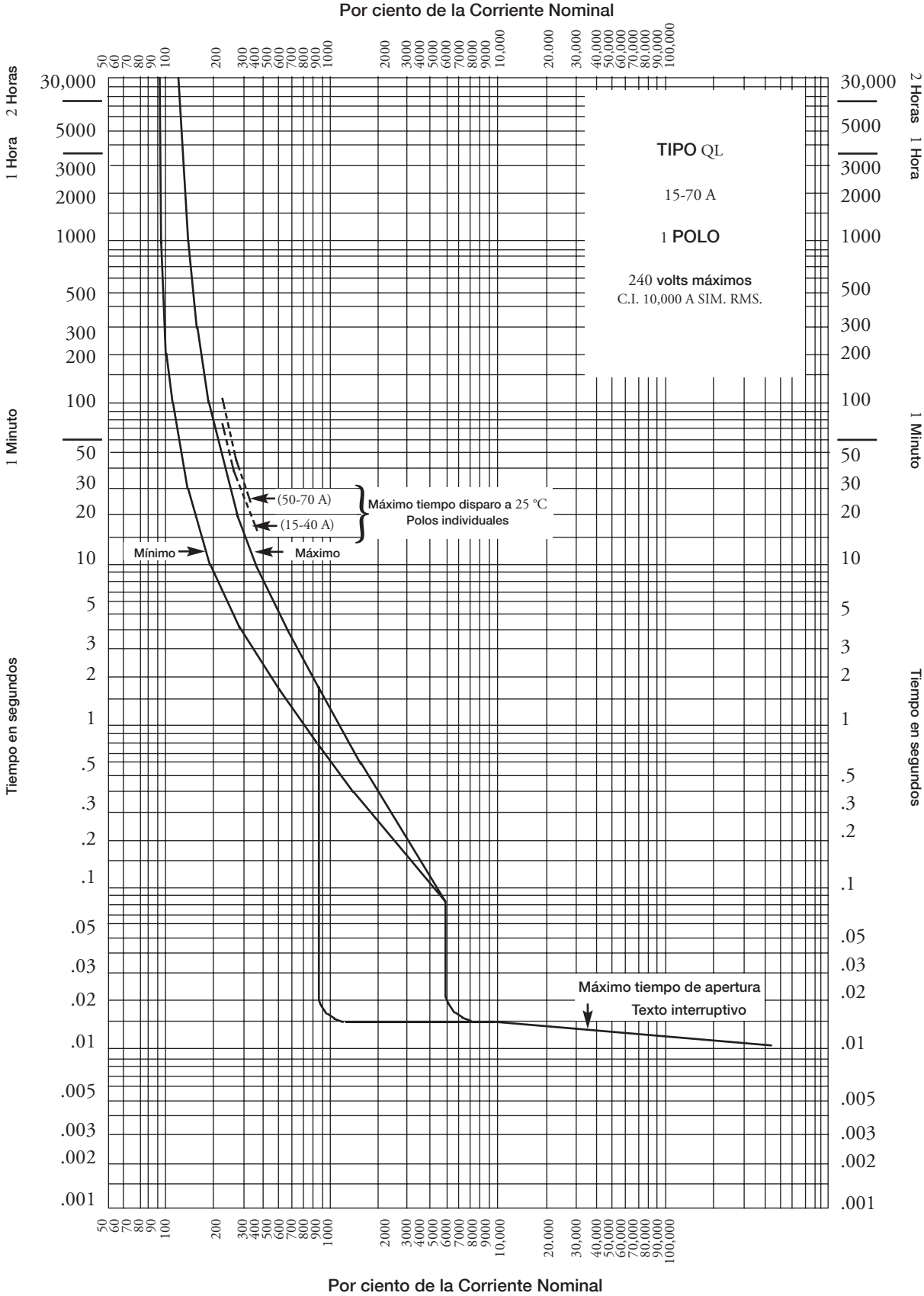
Clasificación de los diferentes marcos de interruptores con respecto a su capacidad nominal e interruptiva, así como dimensiones generales y peso

Marco	Gama en amperes	No. de polos	Voltaje máximo volts	Capacidad interruptiva Rms. A Sim.						Dimensiones (mm)				Peso aprox.
				Volts c.d.		Volts c.a.				Polos	Alt.	Ancho	Fdo.	kg
				125	250	120	240	480	600					
QL	15-70	1	120/240 c.a.			10 000	10 000			1	75	25	73	0,13
	15-100	2	120/240 c.a.			10 000	10 000			2	75	50	73	0,26
		3	240 c.a.				10 000			3	75	75	73	0,40
FA	15-100	1	120 c.a. 125 c.d.	5 000	5 000	10 000				1	153	35	86	0,91
	15-100	2-3	240 c.a. 250 c.d.	5 000			10 000			2 3	153 153	70 105	86 86	1,36 2,05
FB	15-150	2-3	600 c.a. 250 c.d.		10 000		18 000	14 000	14 000	2 3	153 153	70 105	86 86	1,36 2,05
LB-225 LB-400	125-400	3	600 c.a.	10 000			25 000	22 000	22 000		257	140	103	6,8
			250 c.d.	10 000			42 000	30 000	22 000	3				
LA	500-600	3	600 c.a. 250 c.d.		10 000		42 000	30 000	22 000	3	276	210	103	11,15
NB	700-1200	3	600 c.a. 250 c.d.		20 000 (1)		42 000	30 000	22 000	3	412	210	140	23,16
PB	1400-3000	3	600 c.a.		75 000 (1)		125 000	100 000	100 000	3	562	305	229	115
MCP	3-150	3	600 c.a.				25 000	22 000	22 000	3	153	105	86	2,05
HFB	15-150	2-3	600 c.a. 250 c.d.		10 000		65 000	25 000	18 000	2 3	153 153	70 105	86 86	1,36 2,05
HLB	125-400	3	600 c.a. 250 c.d.		10 000		65 000	35 000	25 000	3	257	140	103	6,8

(1) Los rangos en c.d. se aplican a interruptores solamente magnéticos; ya que la protección térmica (bimetales) en este caso es alimentada a través de transformadores de corriente, los cuales no responden para sistemas de c.d..

Nota: Los interruptores de equipos IEM se fabrican en un rango nominal mínimo de 15 A debido a que el cable calibre núm. 14 es el conductor mínimo aprobado para circuitos derivados, siendo el interruptor de 15 A el adecuado para su correcta protección.

Curvas de disparo



Fusibles

Un fusible se puede definir como un dispositivo que se emplea para proteger los sistemas eléctricos contra fallas de sobrecarga y cortocircuito; esto se efectúa intercalando en un circuito eléctrico, de tal manera que cuando pase una corriente a través de éste (cuya intensidad excede un valor prefijado), interrumpe el circuito al que está conectado. Esto se logra al fundirse el elemento fusible del dispositivo de protección. Este elemento puede tener forma de alambre, cinta, etc.

Características de los fusibles

Un fusible debe contar con las siguientes características funcionales:

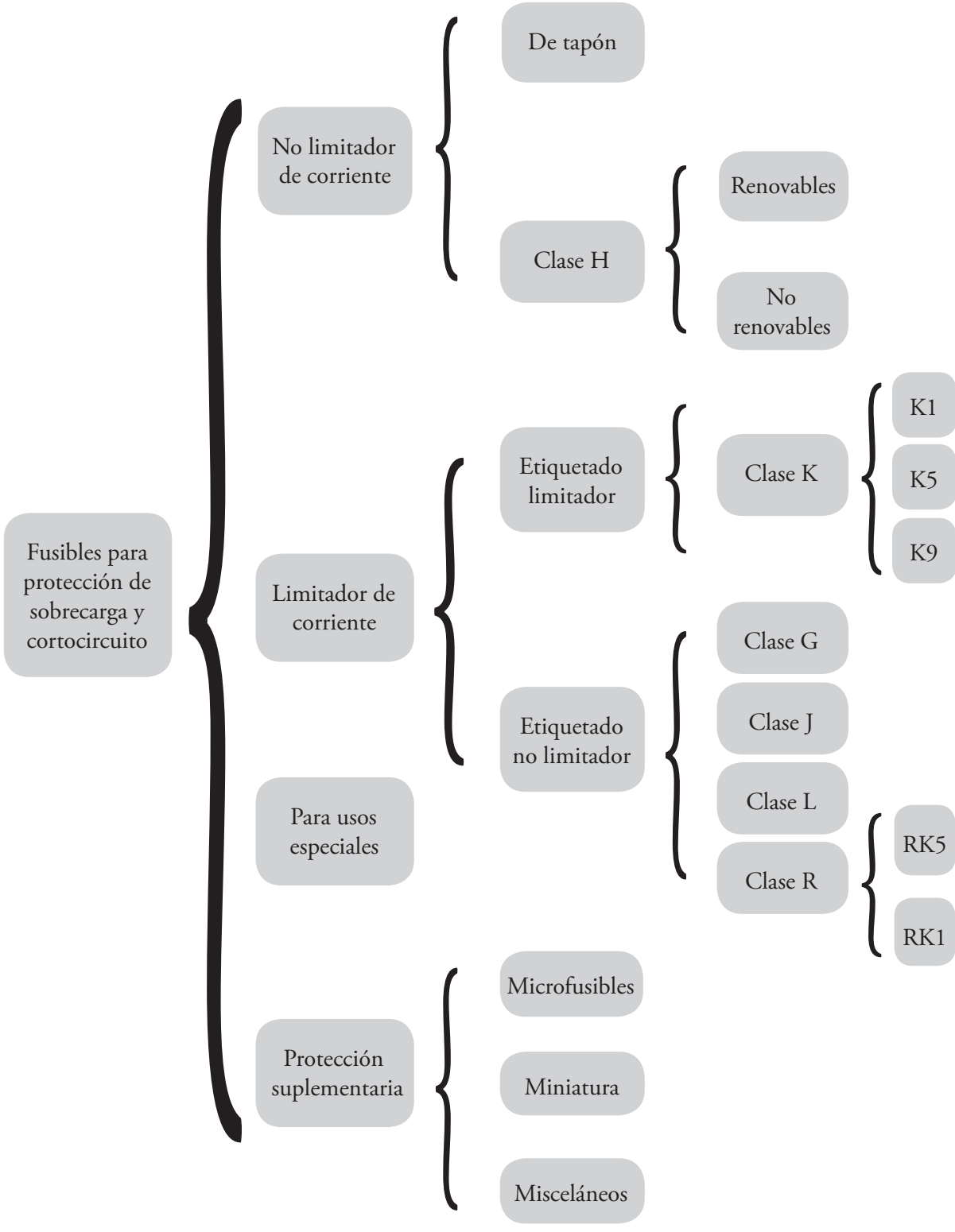
1. Pueden seleccionarse para proteger las corrientes reales de los motores, puesto que los fusibles pueden no operar con sobrecorrientes momentáneas inofensivas, evitando interrupciones innecesarias.
2. Proporcionan mayor protección contra fallas entre fases, ya que la sobrecarga en las restantes es suficiente para fundir los fusibles.
3. Protegen contra calentamiento del equipo porque dicho calentamiento fundirá el fusible antes de que se produzca una avería, ya que una conexión floja o corroída que genera altas temperaturas abrirá el fusible.
4. Pueden seleccionarse con mayor precisión para el alambrado o equipo protegido sin estar sujetos a interrupciones innecesarias. Puede usarse equipo más compacto y de menor costo.
5. Pueden dar una baja corriente pico en la corriente de fuga. Esta característica impide a la corriente de falla alcanzar valores destructivos para las ramas más vulnerables del circuito y equipo asociado. En el caso de los fusibles limitadores, estos interrumpen con seguridad las corrientes disponibles hasta de 200 000 amperes efectivos simétricos. Al mismo tiempo, deben limitar la corriente que pasa a través del sistema durante la fracción de tiempo de fusión y reducir así la energía térmica que podría desarrollarse durante la interrupción.
6. Combina en un solo dispositivo el elemento sensor e interruptor.
7. Su acción es directa, responde únicamente a una combinación de magnitud y duración de la corriente del circuito que fluye a través de éste.
8. Requiere de dispositivos separados, como los interruptores de seguridad, para realizar la función de energizar y desenergizar un circuito, además de que éste le sirve de montaje y prevención de accidentes al personal.
9. Es un dispositivo monofásico. Únicamente en la fase o fases sujetas a sobrecarga deberá responder a desenergizar la fase o fases afectadas del circuito o equipo que falló.

Desventajas en el uso de fusibles

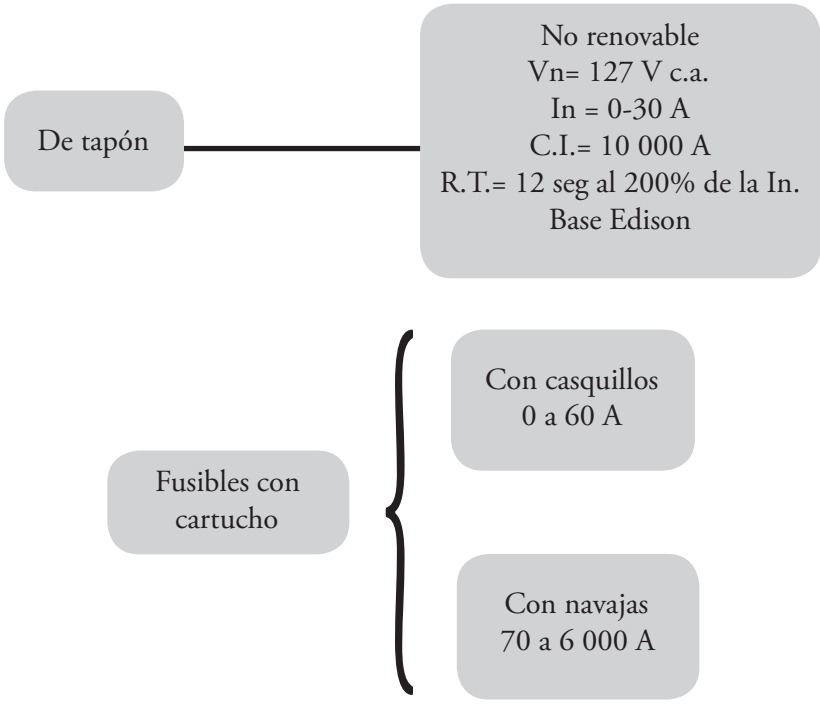
1. Las características de interrupción de un fusible no pueden ser revisadas sin que éste sea destruido.
2. Un fusible podrá realizar únicamente una interrupción, siendo necesario cambiar la unidad completa en caso de que se haya destruido por causa de una falla.
3. En algunos casos existe el riego de accidentes debido a un choque eléctrico en el momento de la reinstalación de un fusible. Cuando el fusible opera, existe siempre la posibilidad de un reemplazo equivocado, lo que pone en peligro no sólo al sistema sino también al personal que se encarga de efectuar este trabajo.

4. Otro riesgo que se corre es el de una selección inadecuada de estos dispositivos de protección, ya que en cierta forma se desconoce la existencia de la gran variedad de fusibles en el mercado nacional, además de desconocer quiénes los fabrican y distribuyen.

Clasificación de los fusibles de baja tensión



En las instalaciones residenciales se emplean dos tipos básicos de fusibles:



De toda la variedad de fusibles que hemos visto, los dos anteriormente citados podemos definirlos así:

- **Fusibles de tapón.** Son aquellos que se atornillan en el portafusible respectivo, por medio de una rosca que tiene en su interior.
- **Fusibles no renovables.** Son aquellos a los cuales no se les puede cambiar el eslabón fusible y quedan inservibles al fundirse éste.
- **Fusibles de cartucho.** Son aquellos que tienen el eslabón fusible dentro de un tubo aislante, con contactos en los extremos en forma de casquillos o navajas.

Construcción de fusibles

La fabricación de fusibles es muy diversa, pero podemos generalizar de la siguiente forma:

Los fusibles de tapón roscado (figura 1), constan de un elemento fusible, un cuerpo y una terminal.

Figura 1
Fusible de tapón rosca

Figura 2
Fusible tipo casquillo

Figura 3
Fusible tipo navaja

En las figuras 2 y 3 se ilustra la construcción de los fusibles cartucho renovables, de casquillo y de navajas respectivamente, en la que los eslabones fusibles son de zinc.

Figura 4. Eslabones fusibles

Condiciones de operación

Durante el funcionamiento de los sistemas y equipos eléctricos se presentan condiciones anormales de operación debido a fallas de sobrecarga y cortocircuito, las cuales ocasionan que los dispositivos de protección operen al presentarse éstas.

Dentro de estas condiciones se consideran aquellas que ocasionan la apertura de los dispositivos de protección, específicamente los fusibles, causadas por condiciones ambientales.

Las condiciones más comunes en las que un fusible puede operar son las siguientes:

Sobrecorrientes debidas a:

- Sobrecargas.
- Cortocircuito.
- Falso contacto.
- Alta temperatura.

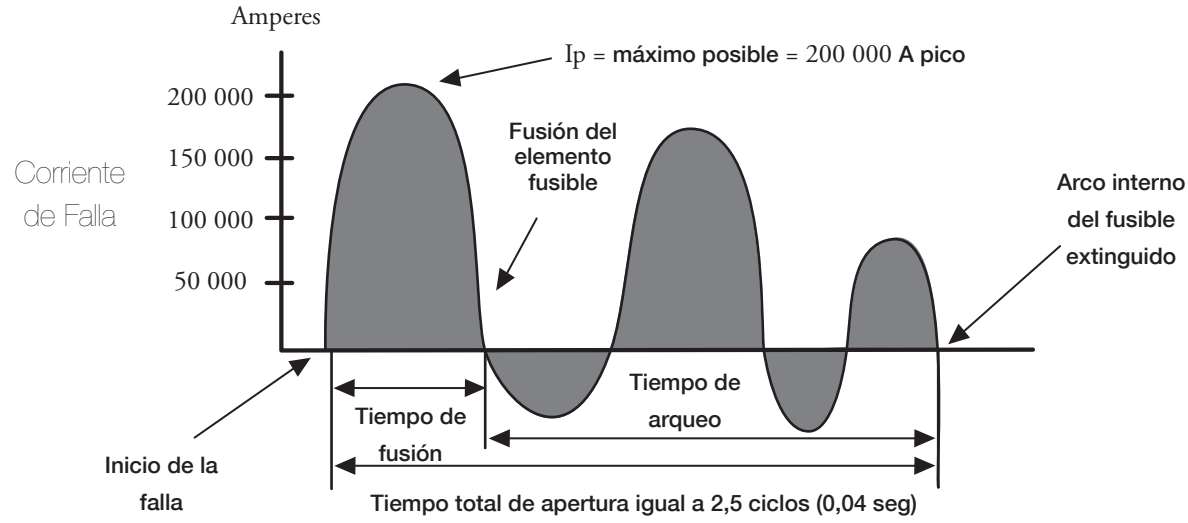
Bajo estas condiciones, los fusibles deben ofrecer la protección adecuada, evitando con ello que el equipo protegido se dañe a causa de elevadas corrientes de falla.

Comportamiento del fusible en circuitos de corriente alterna

Durante la operación del fusible en c.a. se tiene que la magnitud de corriente de cortocircuito depende de la reactancia de sistema al punto de falla, y para minimizar esta corriente a un valor no muy crítico en los equipos protegidos es necesario frenar esa corriente de tal forma que no pasa por el equipo.

El propósito fundamental de cada fusible es cortar el flujo de corriente en el instante de la falla o cuando se presenta una sobrecarga prolongada. Sin embargo, no todos los fusibles pueden frenar la corriente antes de que ésta alcance su valor de cresta, esto es, literalmente frenar la corriente en su trayectoria, y el fusible puede o no ser capaz de cortar completamente al flujo de corriente dentro de un intervalo próximo al inicio de la falla.

En la siguiente curva se ilustra el caso hipotético de una falla de arqueo (cortocircuito sólido) sobre un circuito con 200 000 amperes de corriente de cortocircuito disponible. El fusible no limitador de corriente permite un pico de corriente del máximo disponible (200 000 amperes) y deja fluir una corriente por un tiempo determinado antes de que el arco interno en el fusible sea extinguido y el flujo de corriente sea completamente interrumpido.



Corriente de falla en un fusible no limitador

Lámparas

Generalidades

Como sabemos, la luz artificial juega un papel muy importante en la actualidad, debido a que sin ella no podríamos realizar nuestras actividades nocturnas ni muchas de las que realizamos en el día; esto es, que la luz artificial no sólo debe asociarse a la comodidad que nos proporciona, sino también a la seguridad que nos brinda al contar con vías de comunicación bien iluminadas, señalizaciones, aparatos y demás cosas en las que utilizamos algo de iluminación.

Ahora bien, llamaremos fuente luminosa al efecto que emite radiaciones visibles para el ojo humano, es decir, que produce luz.

Las fuentes luminosas se dividen en dos tipos:

- Naturales.
- Artificiales.

La fuente luminosa natural más conocida es el sol y las fuentes luminosas artificiales son las lámparas eléctricas.

En la actualidad se dispone de una enorme variedad de diferentes tipos de lámparas, en donde entran las lámparas incandescentes, fluorescentes y de descarga.

Lámparas incandescentes. El principio de funcionamiento de las lámparas incandescentes es el siguiente:

A través de un filamento metálico de cierta resistencia eléctrica se hace circular una corriente eléctrica, lo que produce que el filamento llegue a un punto de incandescencia emitiendo así radiaciones luminosas y caloríficas. Las lámparas incandescentes producen en su mayor parte calor, aproximadamente un 90% de la energía que consumen, y un 10% en luz.

Desde la invención del foco incandescente, el principio de funcionamiento ha sido el mismo, con algunas mejoras que se han presentado a través de los años. El hecho de que por décadas se haya utilizado este foco ha originado que se tenga como un artículo de uso diario que ya está integrado a nuestra vida; por lo mismo es un producto económico, y su vida promedio es de 1 000 h, llegando a producir hasta 25 LM/W.

El uso de estas lámparas es prácticamente universal, ya que existen diferentes presentaciones, voltajes, formas y ofrecen una luz de calidad bastante aceptable.

Lámparas fluorescentes. En las lámparas fluorescentes, la luz se genera por el fenómeno de la fluorescencia, debido a una descarga eléctrica en una atmósfera de vapor de mercurio a baja presión que se lleva a cabo en el interior del tubo. Este tubo generalmente es de longitud grande en comparación con su diámetro, que es pequeño. También existen lámparas fluorescentes en forma de *U* y circulares.

El rendimiento luminoso que se obtiene en estas lámparas es elevado, llegando a alcanzar los 96 LM/W. Por otra parte se tienen diferentes tonos de color, esto es debido a la mezcla adecuada de sustancias fluorescentes. Los tonos de color que se utilizan actualmente son:

- Luz de día.
- Blanco frío.
- Blanco cálido.

Las lámparas fluorescentes se utilizan primordialmente en oficinas, despachos, bibliotecas, centros comerciales, debido a que son lámparas que proporcionan una buena iluminación y que emiten poco calor, haciendo que sean agradables a la vista y de gran confort.

Las lámparas de alta intensidad de descarga (HID) tienen un tubo de descarga gaseosa que va alojado en el interior del bulbo protector. Este tubo de descarga opera a presiones y densidades de corriente suficientes para generar la radiación visible para proporcionar luz, cuando en sus extremos (electrodos) se aplica una tensión que da lugar a un arco eléctrico que posteriormente ioniza el gas y los vapores metálicos.

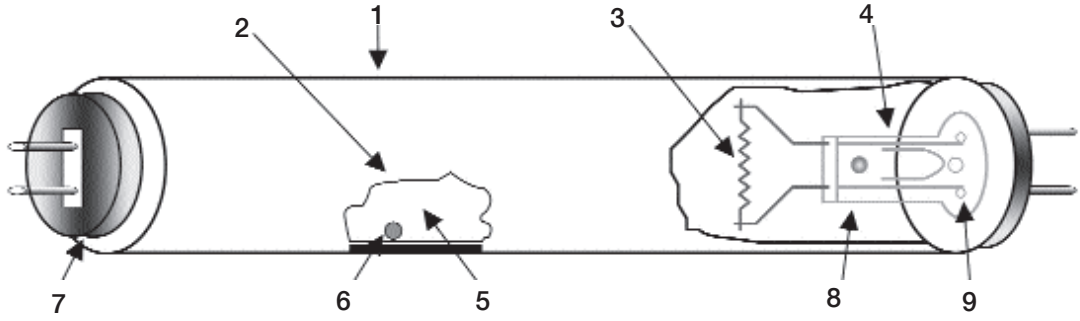
Actualmente estas lámparas ocupan un lugar muy importante dentro de la iluminación porque tienen variados usos, tanto en forma interior como exterior. Por ejemplo, en forma exterior en las vías de comunicación, como son calles, avenidas, etc., y en interiores como son grandes naves industriales, almacenes, etc. Además, la iluminación que se obtiene con estas lámparas es muy elevada, independientemente de que su promedio de vida es bastante grande. Es por esto que más adelante se hablará de estas lámparas, para ver sus características y la importancia que tienen.

Dentro de los modernos conceptos de iluminación nos encontramos con los nuevos productos que actualmente están revolucionando el mercado mundial, por el hecho de que han aparecido lámparas con alto rendimiento que permiten un ahorro de hasta 75% de energía eléctrica comparadas con las incandescentes.

Otros de los nuevos productos que han hecho su aparición en los últimos tiempos como conceptos revolucionarios son las lámparas de halógeno de bajo voltaje, que dan mayor realce y belleza a las exhibiciones, aparadores y todos aquellos lugares que nos interesa iluminar con luz de acento, teniendo también un mejor rendimiento luminoso que las incandescentes normales.

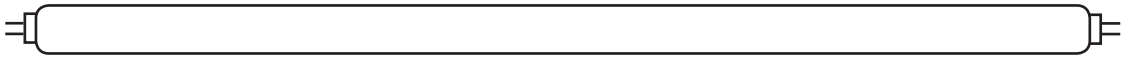
Lámparas fluorescentes

Los elementos que forman una lámpara fluorescente, los tenemos indicados en la siguiente figura:

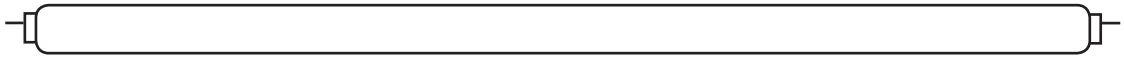


1. **Bulbo.** Mediante una clave que consiste en la letra *T* (debido a la forma tabular del tubo), se determina la forma y tamaño del mismo. Esta letra va seguida de un número que expresa el diámetro del bulbo en octavos de pulgada. Ejemplo: T-8, T-12, etcétera.
2. **Fósforos.** El color de la luz producida por una lámpara fluorescente depende de la composición química del fósforo utilizado en el revestimiento interno del tubo. Combinando proporciones variantes de distintos fósforos se produce una amplia variedad de colores.
3. **Filamento.** Consiste generalmente en un alambre de tugsteno de doble o triple enrollamiento espiral. Esta espiral lleva un revestimiento de un material emisivo de electrones (bario, estroncio, óxido de calcio), cuya emisión tiene lugar a una temperatura de 950 °C.
4. **Tubo de vacío.** Este tubo se utiliza para la extracción del aire, cuando la lámpara está en fabricación y también para introducir el gas en el tubo.
5. **Gas.** El gas que generalmente se utiliza es el argón.
6. **Mercurio.** Éste va colocado en el bulbo en muy pequeñas cantidades para proveer el vapor del mercurio.
7. **Casquillo.** Se utilizan diferentes tipos de casquillos, que generalmente son:
   - G-13 para encendido normal.
   - R17D HO y VHO (alta y muy alta luminosidad, arranque rápido).
   - FA8 Slim line (arranque instantáneo).
8. **Prensado de la boquilla.** Los hilos de toma de corriente van en ese punto fusionados en el vidrio de la boquilla.
9. **Hilos de toma de corriente.** Van conectados a los pernos del casquillo y conducen la corriente hasta el cátodo.

En el siguiente dibujo apreciamos los tres diferentes tipos de lámparas fluorescentes:



a) Arranque por precalentamiento base G13.



b) Arranque instantáneo Slim line base FA 8.

c) Alta luminosidad (HO); Muy alta luminosidad (VHO) base R17D.

Para que estas lámparas puedan funcionar necesitan de un equipo auxiliar, éste es un balastro.

El balastro, además de limitar o controlar la intensidad de corriente, tiene la función de regular la corriente necesaria para el precalentamiento de los electrodos y de proveer la tensión que ayude al encendido de la lámpara.

El cebador es un dispositivo auxiliar que utilizan las lámparas fluorescentes de precalentamiento para que junto con el balastro provean la tensión de encendido (tensión de arranque).

Las lámparas fluorescentes se dividen en tres grupos que son:

a) Arranque rápido.

b) Arranque instantáneo.
c) Arranque por precalentamiento.

Arranque rápido. En estas lámparas, el precalentamiento se obtiene a través de un devanado de calentamiento para cada electrodo, incluido el balastro. Estas lámparas no requieren arrancador, pues encienden rápidamente, casi como las de arranque instantáneo. Es el tipo de lámpara que más se utiliza.

Arranque instantáneo. Estas lámparas se diseñaron para eliminar el dispositivo de arranque y conseguir un encendido más rápido. El dispositivo de arranque se eliminó al utilizarse un balastro que suministra a la lámpara una elevada tensión de arranque. Estas lámparas sólo llevan un perno de contacto en cada extremo y se les conoce con el nombre de Slim line, es decir *línea delgada*.

Arranque por precalentamiento. Estas lámparas utilizan un circuito de arranque con dispositivo arrancador que sirve para precalentar a los electrodos. Estas lámparas requieren además del balastro (reactor) un cebador.

En la siguiente figura se muestran los diferentes casquillos que utilizan las lámparas fluorescentes.

G13 Fa8 R17d G10q

Las lámparas de precalentamiento y de arranque rápido llevan conectados dos pernos en cada extremo de la lámpara, es decir, casquillo G13.

En las lámparas circulares, los cátodos están conectados a una base con 4 pernos que se encuentran en unión de los dos extremos de la lámpara, casquillo G10Q.

Como se había mencionado anteriormente, las lámparas fluorescentes de alta emisión lumínica, así como las de muy alta emisión lumínica, tienen el casquillo R17D.

Color de las lámparas fluorescentes y sus aplicaciones

Lámpara *luz de día*. Esta lámpara se denomina así debido a que el espectro luminoso se asemeja bastante a la luz natural y tiene una temperatura de color de 6,000° K.
Aplicaciones: Estas lámparas se aplican en aquellos lugares en los que se desee apreciar mejor los colores sin importar la hora y las condiciones meteorológicas, digamos la compra de vestidos bajo la luz artificial, que en ocasiones se distorsiona. Con este tipo de lámparas se evita este problema.

Otros campos de aplicación son en las industrias –química, fábricas textiles, carpinterías y ebanisterías, artes gráficas y laboratorios–, comercios –textil y peletería, foto, relojería, joyería, tiendas y supermercados–, centros sociales –museos y galerías de arte–, así como en clínicas y consultorios.

Lámpara *blanco frío*. Tiene la ventaja práctica de poderse combinar indistintamente con la luz natural de las lámparas de incandescencia (temperatura de color de 4,300° K).

Aplicaciones: Es la lámpara fluorescente de uso más general y su campo de aplicación es prácticamente ilimitado. Puede utilizarse, por ejemplo, para alumbrado industrial, alumbrado de garage y hangares, oficinas, archivos, talleres, escuelas, etc., siendo de las lámparas fluorescentes de las que más lúmenes producen, esto es, que proporciona mayor cantidad de luz con el mismo consumo de energía.

Lámpara *blanco cálido.* En estas lámparas la temperatura de color es de 3 000° K, y debido a la gran cantidad de radiaciones rojas hace que sea más parecida a las lámparas de incandescencia.
Aplicaciones: Esta lámpara es adecuada en aquellos lugares donde sea esencial una perfecta reproducción de colores, sobre todo en expendios de víveres.

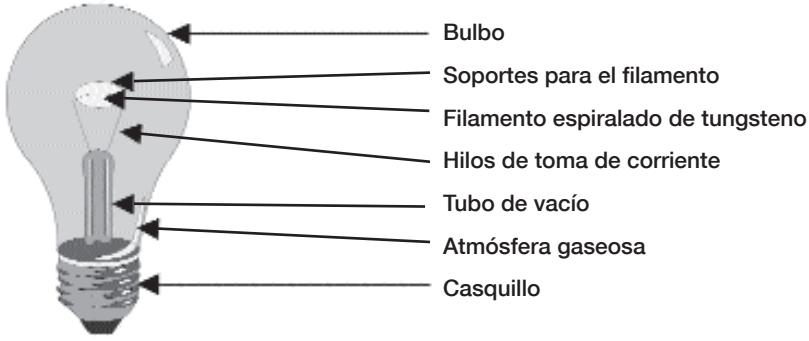
Oficinas: despachos, grandes oficinas, pasillos, salas de reunión. Escuelas: aulas, auditorios, jardines de infancia, bibliotecas, salas de lectura. Comercio: panaderías, comestibles, peluquerías, tiendas, supermercados. Centros sociales: hoteles, restaurantes, bares, teatros, museos, galerías de arte.

Lámparas incandescentes

La lámpara incandescente para alumbrado general es un elemento radiador compuesto por un filamento metálico de tungsteno en forma de espiral que se encuentra en el interior de una ampolla de vidrio previamente evacuada, es decir, al vacío, o en atmósfera de gas inerte. Este elemento es calentado al rojo blanco por la corriente eléctrica que pasa a través de él, de manera que, además del calor, también emite luz.

La lámpara incandescente tiene la ventaja de que su construcción es sencilla y su funcionamiento, simple.

A continuación se muestran los principales componentes de las lámparas fluorescentes:



Existe una muy amplia variedad de tipos de focos incandescentes, los que fundamentalmente se identifican por el tipo de bulbo que llevan, siendo la lámpara incandescente la que más tiempo tiene de uso. Sus aplicaciones y variaciones en el transcurso de los años se han ido diversificando, por lo que en la actualidad la variedad de lámparas incandescentes es impresionante.

Focos incandescentes de alumbrado general. Dentro de esta gran gama existen diferentes tipos de bulbos, como los A-19 (foco casero), A-21, A-23, PS-25, PS-30, PS-35 y PS-40, que son focos más grandes que el A-19. Estos focos se fabrican para funcionar en 125, 140, 220, 250 volts y se utilizan en alumbrado del sector privado, así como industrial.

Algunos tipos de estos focos son:

- Focos normales de bajo voltaje.
- Focos luz de día.

- Focos repelentes para insectos.
- Focos decorativos A-19.
- Focos decorativos.
- Focos decorativos plateados.
- Focos decorativos esfera.
- Focos para horno-refrigerador.
- Focos decorativos tipo globo.
- Focos para anuncio.
- Foco decorativo Navidad.
- Foco para semáforo.
- Focos reflectores para uso exterior.
- Lámparas incandescentes halógenas.

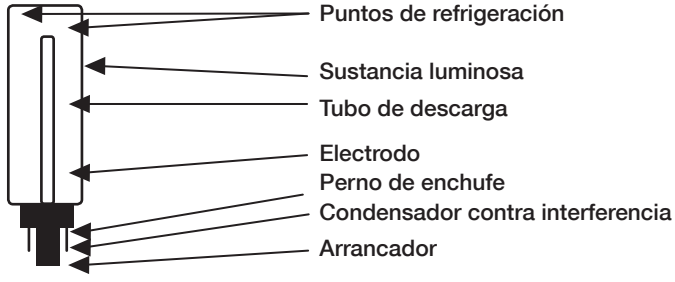
Lámparas ahorradoras de energía. Todo se origina a raíz de la crisis petrolera de la primera década de los setenta con sus exigencias consecuentes: el aprovechamiento más racional de la energía eléctrica cada vez más escasa y cara. Esto da comienzo al desarrollo de una nueva lámpara.

Las ventajas que presentan estas lámparas son:

- Lámparas compactas con alto rendimiento luminoso.
- Reducido consumo de energía eléctrica.
- 10 000 h promedio de vida.
- Luz cálida y agradable, como la de una lámpara incandescente.
- Casquillo empotrable.

Se ofrecen en dos opciones de conexión:

- El balastro y lámpara en forma separada, porque el balastro se puede colocar donde más convenga en la luminaria.
- Con adaptador, siendo la conexión más sencilla ya que sustituye al soquet normal por el adaptador con casquillo E-27



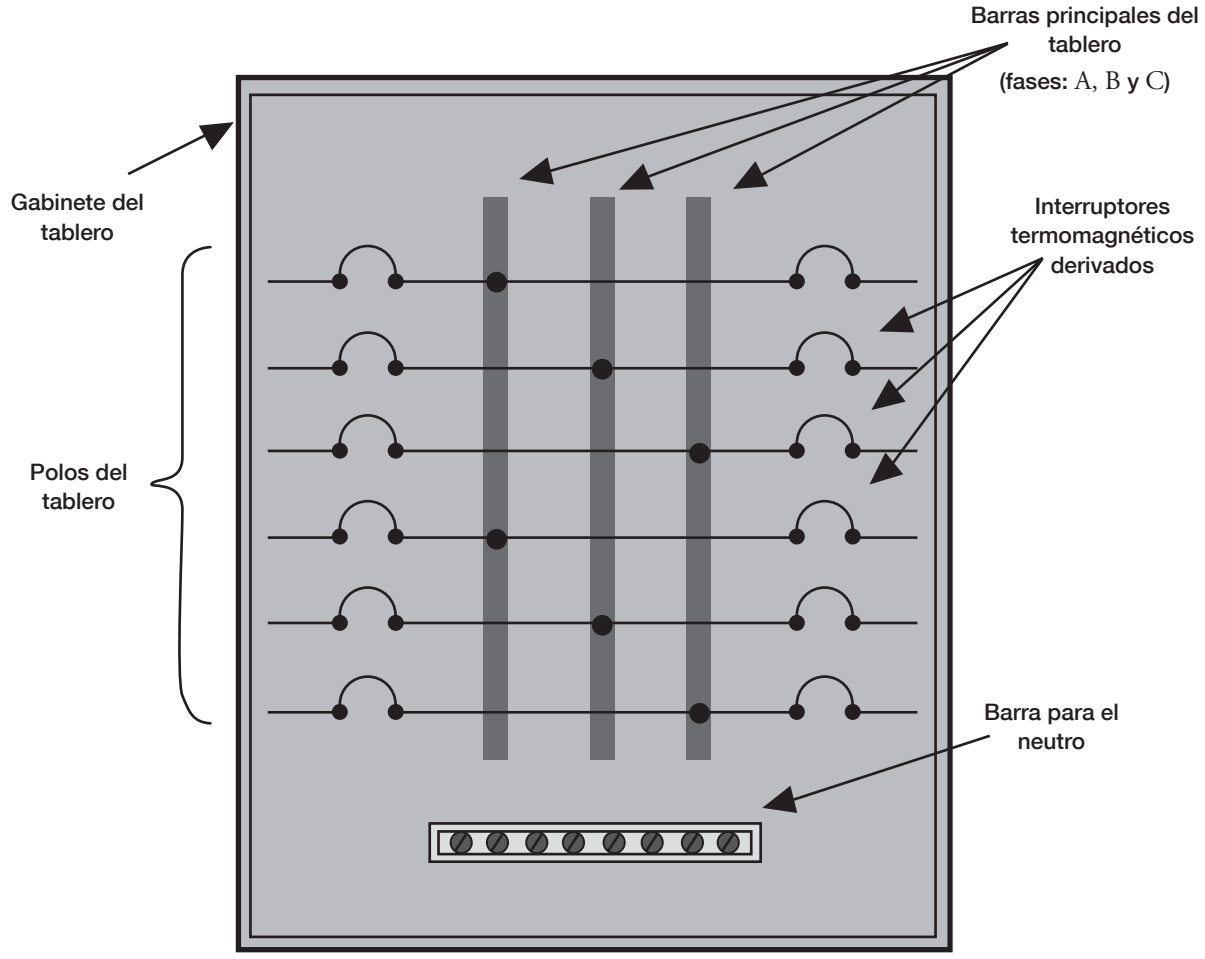
Potencias:
7 W
9 W
13 W

Centros de carga y tableros de distribución

Antecedentes y conceptos básicos

Los tableros y centros de carga se desarrollaron como consecuencia de las siguientes necesidades:

- Dividir grandes sistemas eléctricos en varios circuitos reduciendo calibres de conductores.
- Tener medios de conexión y de protección para cada circuito eléctrico de un sistema.
- Localizar en un solo lugar los dispositivos mencionados en el punto anterior.



Esquema de un tablero con sus partes componentes

Circuito alimentador. Refiriéndonos a tableros y centros de carga, el circuito alimentador o línea de alimentación será aquel circuito que le proporciona la energía eléctrica al tablero.

Circuito derivado. Se da ese nombre a cada uno de los circuitos que alimentan el tablero a través de cada uno de sus interruptores, los cuales también reciben el nombre de derivados.

Fases, hilos y número de polos. Cuando a un tablero lo alimenta una línea de corriente o dos, se dice que es de una fase, siendo en estos dos casos absolutamente necesaria la conexión del hilo neutro. Cuando al tablero llegan las tres líneas de corriente, se dice que es de tres fases.

El número de hilos en el tablero queda definido por la suma de cables de línea y neutro que lo alimentan, teniéndose las siguientes combinaciones.

- Una fase, dos hilos.
- Dos fases, tres hilos.
- Tres fases, cuatro hilos.

Tipos de montaje

- Empotrar: cuando el tablero va embebido en los muros.
- Sobreponer: cuando el tablero se fija sobre el muro.
- Autosoportado: el tablero se fija directamente sobre el piso.

Funciones del tablero

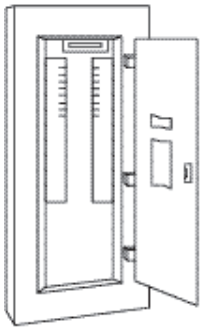
- Dividir un circuito eléctrico en varios circuitos derivados.
- Proveer de un medio de conexión y desconexión manual a cada uno de los circuitos derivados.
- Proteger a cada uno de los circuitos contra sobrecorrientes.
- Concentrar en un solo punto todos los interruptores.

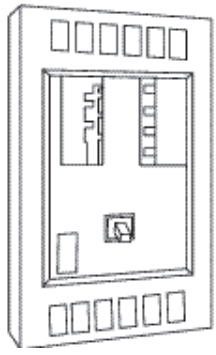
Tableros con zapatas principales

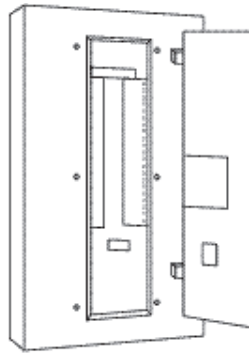
La alimentación del tablero se realiza directamente a las barras del bus por medio de zapatas de conexión. Se debe contar con un medio de protección externo.

Tableros con interruptor principal

La alimentación del tablero se realiza a través de un interruptor termomagnético que forma parte integral de él y le brinda medio de protección y conexión general.







Contactos y apagadores

Apagadores

Un apagador se define como un interruptor pequeño de acción rápida, operación manual y baja capacidad que se usa por lo general para el control de aparatos pequeños domésticos y comerciales, así como unidades de alumbrado pequeñas. Debido a que la operación de los apagadores es manual, los voltajes nominales no deben exceder a 600 V.

Existen diferentes tipos de apagadores. El más simple es el de una vía o monopolar, con dos terminales que se usan para "prender" o "apagar" una lámpara u otro objeto desde un punto sencillo de localización.

Una variante del apagador del polo es el llamado tipo silencioso y el de contacto.

Los apagadores sencillos para instalaciones residenciales se fabrican para 127 V y corrientes de 15 A.

Accesibilidad de los apagadores

Invariablemente en cualquier instalación eléctrica, todos los apagadores se deben instalar de manera tal que se puedan operar de manera manual y desde un lugar fácilmente accesible. El centro de la palanca de operación de los apagadores no debe quedar a más de 2,0 m sobre el nivel del piso en ningún caso.

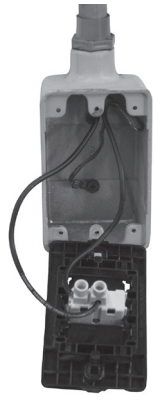
Cuando se trate de apagadores para alumbrado en casas habitación, oficinas y centros comerciales la altura máxima desde el nivel del piso será de 1,2 y 1,35 m.

Montaje de los contactos y apagadores

Tipo sobre puesto o de superficie. Los apagadores o contactos se deben instalar en cajas diseñadas para tal efecto, se deben fijar de forma rígida y firme en la superficie de la pared donde dará servicio. La canalización que aloje los conductores puede ser metálica o no metálica.

Tipo embutido. Los apagadores y contactos que se alojan en cajas de instalaciones ocultas se deben montar sobre una placa o chasis que esté al ras con la superficie de empotramiento y sujeto a la caja.

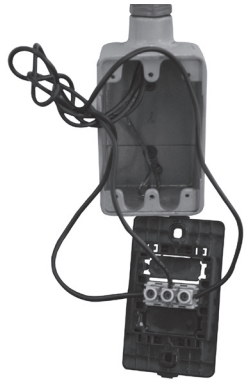
Los apagadores instalados en cajas metálicas embutidas y no puestas a tierra y que pueden ser alcanzados desde el piso, se deben proveer de tapas de material aislante e incombustible.



Apagador sencillo o de dos vías. Es un dispositivo que sirve para controlar el encendido de una o varias luminarias desde un solo punto. Es importante que el número de luminarias a controlar, no sobrepase el valor nominal del apagador, el cual puede ser 10 A o 15 A, según el fabricante.

Apagador de tres vías. Los llamados apagadores de tres vías se usan principalmente para controlar lámparas desde dos puntos distintos, por lo que se requieren dos apagadores de tres vías para cada instalación donde se requiere este tipo de control. Estos apagadores tienen tres terminales.

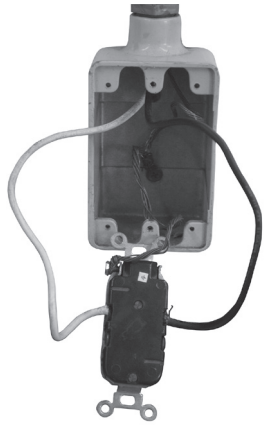
Su instalación es común en áreas grandes como entrada de casa y pasillo, en donde por comodidad no se requiera regresar a apagar una lámpara, o bien en escaleras en donde se prende un foco en la parte inferior (o superior) y se apaga en la parte superior (inferior) para no tener que regresar a apagar la lámpara.



Contactos

Los contactos se usan para conectar (enchufar) por medio de clavijas dispositivos, tales como: lámparas, taladros, radios, televisores, tostadores, licuadoras, lavadoras, batidoras, rasuradoras eléctricas, etcétera.

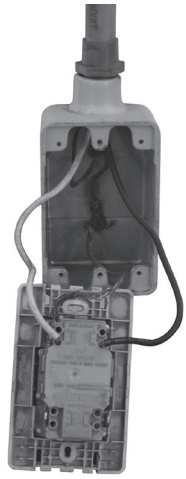
Estos contactos deben ser para una capacidad nominal no menor de 15 amperes para 125 volts y no menor de 10 amperes para 250 volts. Los contactos deben ser de tal tipo que no se puedan usar como portalámparas.



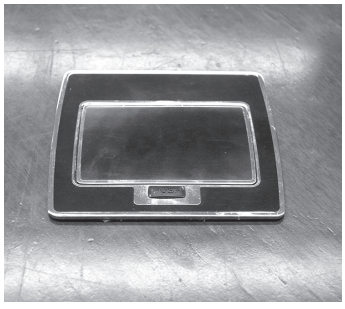
Los contactos pueden ser sencillos, duplex, con puesta a tierra aislada o protegidos con interruptor de circuito contra falla a tierra. Para uso residencial deben ser del tipo 2P +T (dos polos más tierra).
En algunos casos, los contactos sencillos se suelen instalar en la misma caja con apagadores.

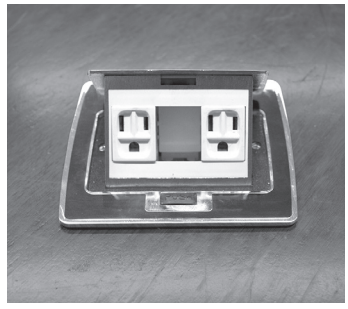
Los contactos en casa habitación se instalan a diversas alturas dependiendo de la ocupación que se les va a dar, con la intensión de evitar el uso de extensiones. Es un apráctica común que los contactos en cajas para este uso exclusivo (no combinado) en las paredes se instalen a una altura entre 35 cm y 40 cm del nivel de piso terminado. No obstante, en lugares como la cocina es común que haya algunos contactos en la barra y a mayor altura para conectar el refrigerador, incluso cerca del techopara conectar la campana extractora.
Contactos con tierra aislada. Son contactos cuyo propósito es aislar el ruido eléctrico de los equipos, usualmente se utilizan para conectar aparatos que trabajan con altas frecuencias, como los equipos de cómputo. A estos contactos se les conectan 4 conductores: fase, neutro, tierra desnuda y tierra aislada.

Contactos con interruptor de circuito de falla a tierra. De acuerdo a la sección 210-8 de la NOM-001-SEDE-2012 estos contactos se deben instalar en lugares húmedos , tales como cocina, baño, garage, etc. El interruptor contra falla a tierra actúa cuando existe una diferencia entre la corriente de fase y del neutro mayor a 5 mA durante un tiempo mayor a 60ms.



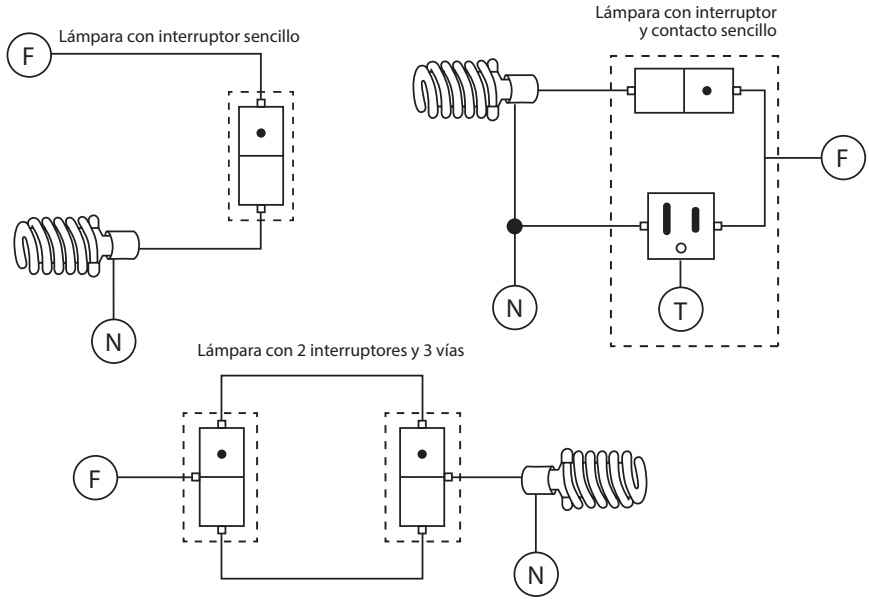
Contactos de piso. Los contactos que se instalen en pisos, deben estar contenidos en cajas, especialmente construidas para cumplir con el propósito.





Contactos en lugares húmedos o mojados. Estos contactos se denominan *a prueba de intemperie*.

Algunos diagramas de alambrado:



Canalizaciones

Canal cerrado de materiales metálicos o no metálicos, expresamente diseñados para contener alambres, cables o barras conductoras, con funciones adicionales como lo permita esta NOM. Existe una gran variedad de medios para contener a los conductores eléctricos, conocidos como canalizaciones eléctricas, algunas son de uso común y otras se usan en aplicaciones especificas. Algunos de estos medios son los tubos (conduit, con sus variedades constructivas y de material), ductos, charolas y electro ductos.

Tubos (conduit) metálicos

Los tubos (conduit) metálicos, dependiendo del tipo usado, se pueden instalar en exteriores e interiores, en áreas secas o húmedas. Los tubos (conduit) rígidos constituyen, de hecho, el sistema de canalización más comúnmente usado, porque prácticamente se puede utilizar en todo tipo de atmósferas y para todas las aplicaciones.

En ambientes corrosivos, adicionalmente se debe tener cuidado de proteger los tubos con pintura anticorrosiva, ya que la presentación normal de estos tubos es galvanizada.

Los tipos más usados son:

Tubo (conduit) metálico rígido (pared gruesa). Este tipo de tubo (conduit) se suministra en tramos de 3 m de longitud, en acero o aluminio, y se encuentra disponible en diámetros desde 13 mm (1/2") hasta 152,4 mm (6"). Cada extremo del tubo se proporciona con rosca y uno de ellos tiene un cople.

Este tubo puede quedar embebido en muros y paredes, o puede ir montado superficialmente con soportes especiales.

Algunas recomendaciones generales para la aplicación son:

- El número de dobleces en la trayectoria total de un (conduit) no debe exceder a 360°.
- Para evitar problemas de corrosión galvánica, deben instalarse tubos y accesorios del mismo tipo de metal.
- Los tubos deben soportarse cada 3 m y cada 90 cm entre cada salida.

Tubo (conduit) metálico intermedio o semipesado. Se fabrica en diámetros de hasta 102 mm (4”), su constitución es similar al tubo (conduit) rígido de pared gruesa, pero sus paredes son más delgadas, por lo que tiene un mayor espacio interior disponible. Se debe tener mayor cuidado con el doblado de estos tubos, ya que tienden a deformarse. Tienen roscados los extremos, y sus aplicaciones son similares a los tubos anteriormente descritos.

Tubo metálico de pared delgada (rígido ligero). Estos tubos son similares a los de pared gruesa, pero tienen la pared interna mucho más delgada. Se fabrican en diámetros de hasta 102 mm (4”). Se pueden usar en instalaciones visibles u ocultas, embebido en concreto o embutido en mampostería, pero en lugares secos no expuestos a humedad o ambientes corrosivos. Estos tubos no tienen sus extremos roscados y tampoco usan los mismos conectores que los tubos metálicos anteriormente citados. Los conectores de este tipo de tubería son atornillados.

Tubo (conduit) metálico flexible. Este es un tubo hecho de cinta metálica engargolada (en forma helicoidal), sin ningún recubrimiento. Hay otro tubo metálico que tiene una cubierta exterior de un material no metálico que se aplica sobre el tubo para que sea hermético a los líquidos. Este tipo de tubo (conduit) es útil cuando se hacen instalaciones en áreas donde se dificultan los dobleces con tubo (conduit) metálico, o bien en lugares donde existen vibraciones mecánicas que puedan afectar las uniones rígidas de las instalaciones. Este tubo se fabrica con un diámetro mínimo de 13 mm (1/2”) y un diámetro máximo de 102 mm (4”).

Tubo (conduit) no metálico

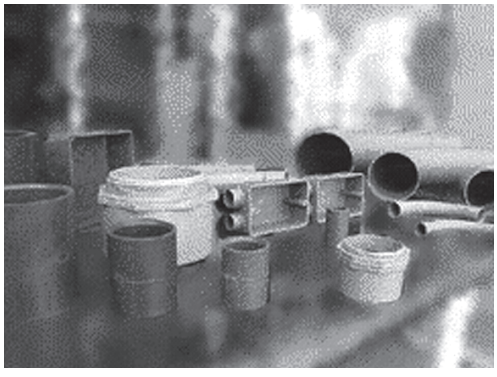
En el mercado podemos encontrar muchos tipos de tubos (conduit) no metálicos que tienen una gran variedad de aplicaciones y están construidos de distintos materiales como el policloruro de vinilo (PVC), la fibra de vidrio, el polietileno, etc.

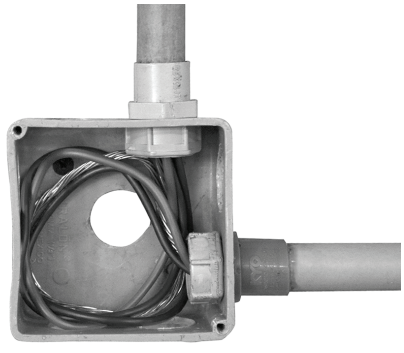
El más usado en las instalaciones residenciales es el PVC, el cual es un material autoextinguible, resistente al colapso, a la humedad y a agentes químicos específicos.

Se puede usar en:

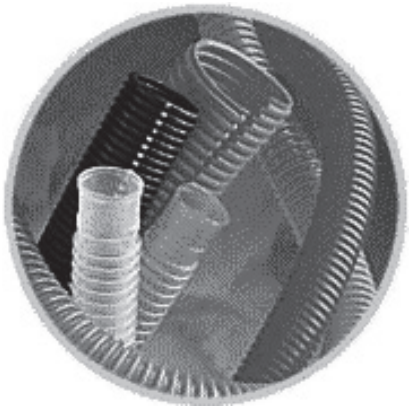
Instalaciones ocultas, visibles (cuando no se expone el tubo a daño mecánico) y lugares expuestos a agentes químicos.

No debe usarse en áreas y locales clasificados como peligrosos. Tampoco para soportar luminarios ni en lugares que excedan temperaturas ambientales mayores de 50 °C. Estos tubos se pueden doblar mediante la aplicación de aire caliente o líquido caliente.





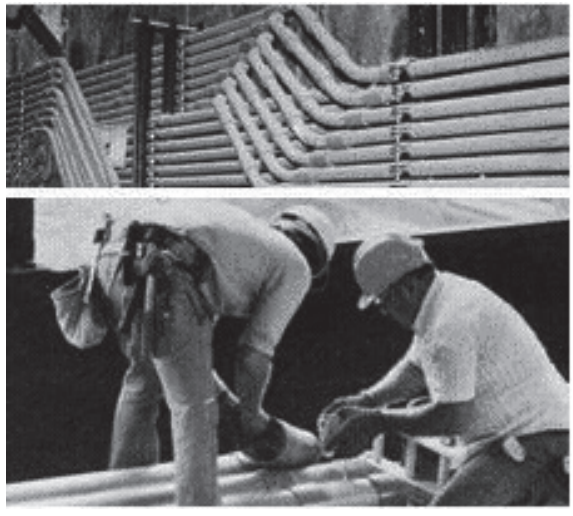
Tubo de polietileno. El tubo (conduit) de polietileno debe ser resistente a la humedad y a ciertos agentes químicos específicos. Su resistencia mecánica debe ser adecuada para proporcionar protección a los conductores y soportar el trato rudo a que se ve sometido durante su instalación. Por lo general se le identifica por el color anaranjado. Puede operar con voltajes hasta 150 V a tierra, embebido en concreto o embutido en muros, pisos y techos. También se puede enterrar a una profundidad no menor de 0,5 m. No se recomienda su utilización oculto en techos y plafones, en cubos de edificios o en instalaciones visibles.



Ductos metálicos

Los ductos metálicos se instalan en la superficie, proporcionan protección mecánica a los conductores y además los hacen accesibles para cambios o modificaciones en el alambrado.

Los ductos metálicos se seleccionan sobre la base de número y tamaño de los conductores que deben alojar: por lo general se hace con las especificaciones e instrucciones de los fabricantes. Pueden tener diferentes formas en función de la aplicación.

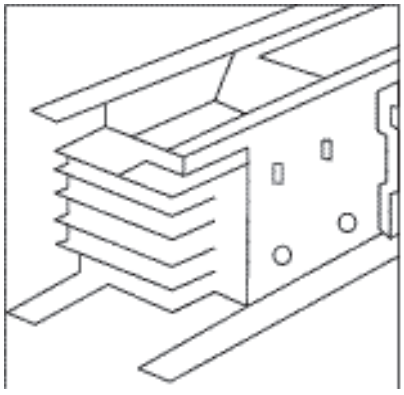


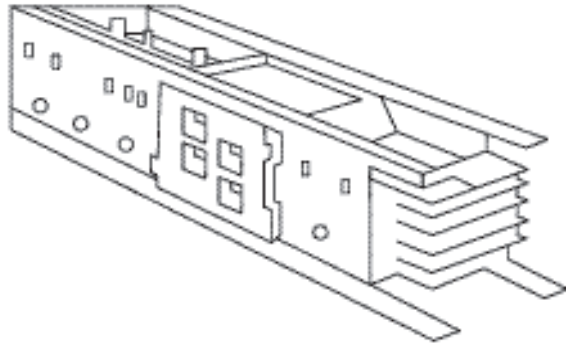
Bus ducto (electroducto)

El bus ducto consiste por lo general de conductores en forma de barra dentro de un elemento metálico (ducto) que los contiene. Cuenta con una adecuada ventilación que ayuda a la capacidad de corriente del sistema. El uso de este electroducto es esencial para aquellas instalaciones que demandan corrientes elevadas.

Se fabrican en diversos tipos: enchufable, atornillable, con barras de aluminio o cobre, etc.

Debido a la característica de manejar altas corrientes o demanda de potencia elevada, su aplicación más común se encuentra en las instalaciones industriales; sin embargo su uso no está limitado a las instalaciones comerciales o de edificios de oficinas. Se usa frecuentemente como un sistema completo, aunque tiene la desventaja de su alto costo y los accesorios complementarios que también tienen un elevado costo.





Cajas y accesorios para canalización con tubo

Cajas eléctricas. Son la terminación que permite acomodar las llegadas de los distintos tipos de tubos (conduit), cables armados o tubos no metálicos; con el propósito de empalmar cables y proporcionar salidas para contactos, apagadores, salidas para lámparas y luminarias en general. Estas cajas se diseñan en distintos tipos y dimensiones, así como también los accesorios para su montaje, con el objeto de dar la versatilidad que requieren las construcciones eléctricas.

Las cajas se identifican por nombres, pero en general son funcionalmente intercambiables, con algunas pocas excepciones. Se fabrican metálicas y no metálicas. Básicamente la selección de una caja depende de lo siguiente:

- El número de conductores que entran.
- El tipo y número de dispositivos que se conectan a la caja.
- El método de alambrado usado.

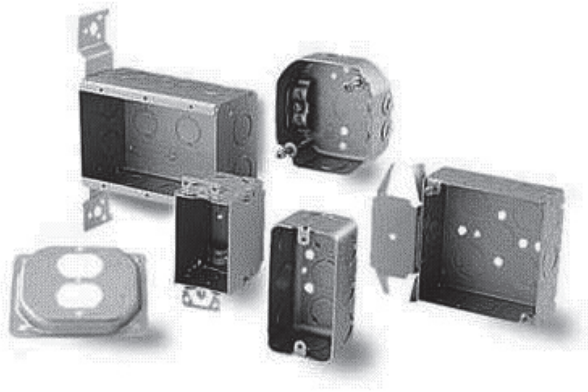
Cajas metálicas para propósitos generales. Estas cajas de propósitos generales se clasifican en los siguientes tipos:

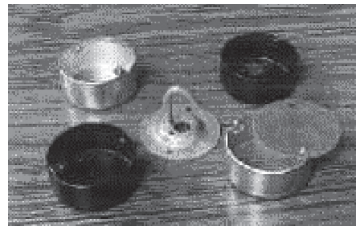
- Cajas para dispositivos como: apagadores y contactos.
- Cajas octagonales.
- Cajas cuadradas.

En el mercado podemos encontrar estas cajas de materiales metálicos y no metálicos.

Las cajas tipo apagador se usan para alojar los apagadores o contactos, algunas se utilizan para alojar más de un apagador o dispositivo.

Las cajas octagonales o cuadradas se utilizan principalmente para salidas de la instalación eléctrica, ya sea para lámparas o luminarias, o para montar otros dispositivos (usando la cubierta apropiada).



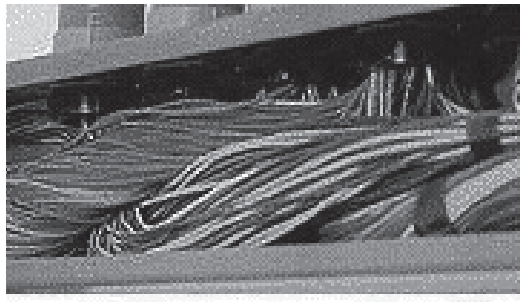


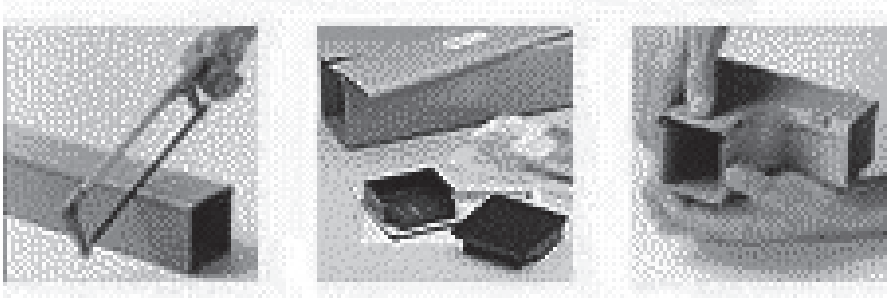
Ductos metálicos con tapa

Este tipo de ductos puede tener la tapa embisagrada o de tipo desmontable y sirve para contener y a la vez proteger a los conductores que se colocan o alojan en el ducto, cuando éste ha sido ya totalmente instalado.

Se usan como canalizaciones visibles en lugares secos y cuando se instalan a la intemperie se deben especificar a prueba de agua. Estos ductos no se deben usar cuando estén sujetos a daños mecánicos, expuestos a vapores y gases corrosivos o en lugares clasificados como peligrosos.

Los conductores alojados en los ductos no deben ocupar más del 20% (Art. 362-19 NOM-001-SEDE) de área interior del ducto ni tampoco alojar a más de 30 conductores que llevan corriente.
Los conductores para circuitos de control y señalización, como los usados en estaciones de botones, lámparas de señalización y los de puesta a tierra, no se consideran como portadores de corriente.





Charolas para cables

Las charolas o soportes continuos para cables son conjuntos prefabricados en secciones rectas con herrajes que se pueden unir para formar un sistema total de soporte de cables.

En el mercado existen diferentes tipos de charolas, siendo tres las principales:

- ***Charolas de paso***

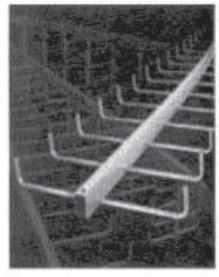
Tienen un fondo continuo ya sea ventilado o no ventilado y con ancho estándar de: 15, 22, 30 y 60 cm. Este tipo de charola se usa cuando los conductores son pequeños y requieren de un soporte completo.

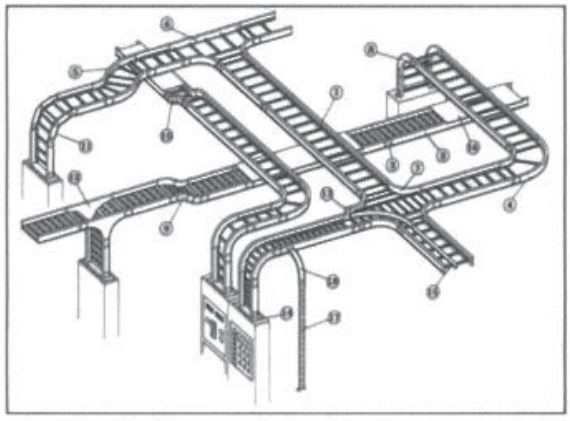
- ***Charolas tipo escalera***

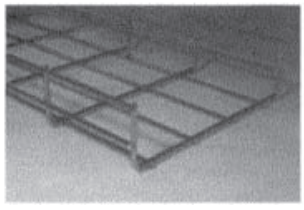
Éstas son de construcción muy sencilla, consisten en dos rieles laterales unidos o conectados con travesaños individuales. Se fabrican en anchos estándar de: 15, 22, 30, 45, 60 y 75 cm. Pueden ser de acero o aluminio.

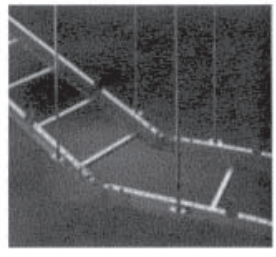
- ***Charolas tipo canal***

Están constituidas de una sección de canal ventilada. Los anchos estándar de esta charola son: 7,5 y 10 cm.







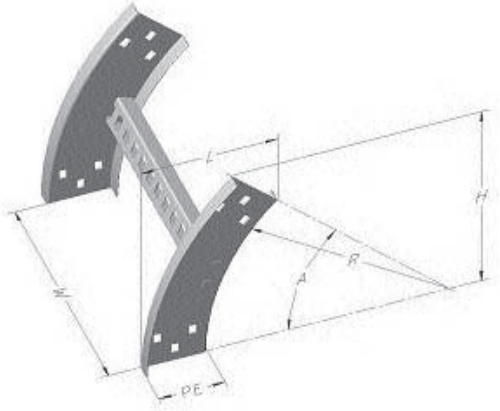


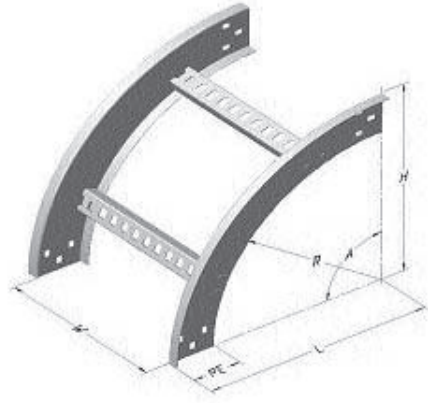
- ***Soporte recto***

Soporte para cables que no presenta derivación, cambio de dirección o de tamaño. Se ofrece en un largo de 3,66 m.

- ***Curva vertical exterior***

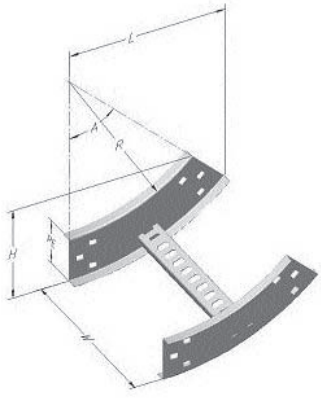
Accesorio que permite el cambio de dirección de un soporte recto para cables hacia abajo del plano horizontal. Se ofrece a 90° y 45°.

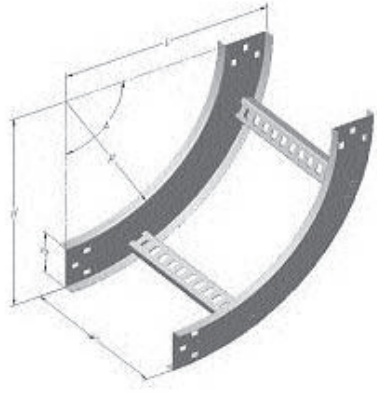




- ***Curva vertical interior***

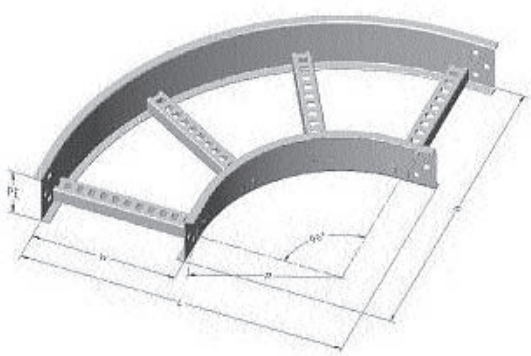
Accesorio que permite el cambio de dirección de un soporte recto para cables hacia arriba del plano horizontal. Se ofrece a 90° y 45°.

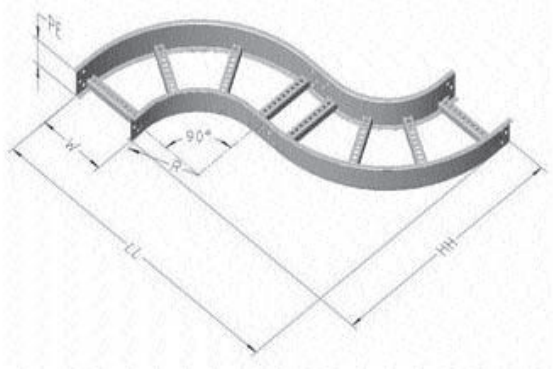




- ***Curva horizontal a 90°***

Accesorio que permite el cambio de dirección de un soporte recto para cables en el plano horizontal 90°. Se ofrece en dos diseños: curva horizontal sencilla a 90° y arreglo encontrado con dos charolas curvas horizontales a 90°.

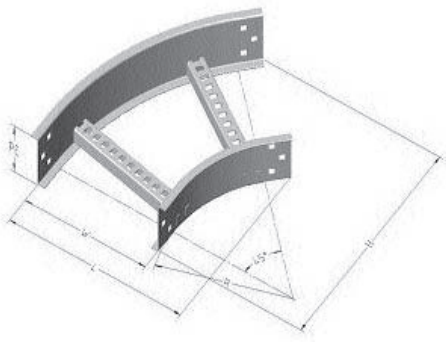


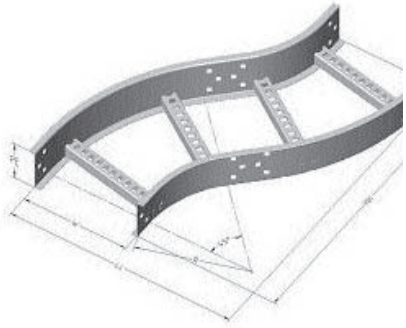


- ***Curva horizontal a 45°***

Accesorio que permite el cambio de dirección de un soporte recto para cables en el plano horizontal 45°.

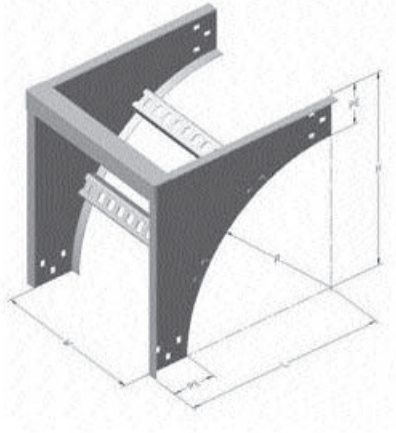
Se ofrece en dos diseños; curva horizontal sencilla a 45° y arreglo encontrado con dos charolas curvas horizontales a 45°.





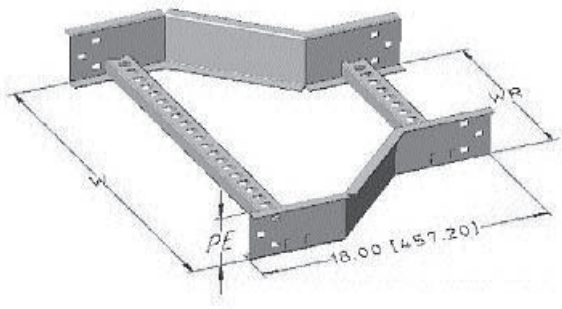
- ***Curva vertical para soportes***

Accesorio que permite el cambio de dirección de un soporte recto para cables, hacia abajo del plano horizontal, ofreciendo dos direcciones para el acomodo de cables.

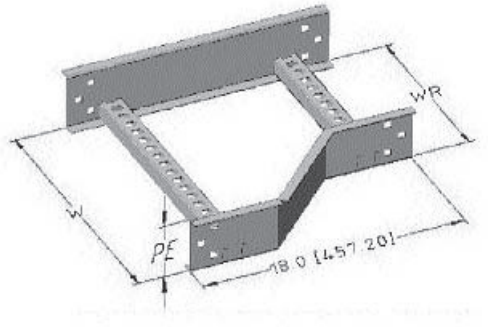


- ***Reducciones rectas, laterales derechas o laterales izquierdas***

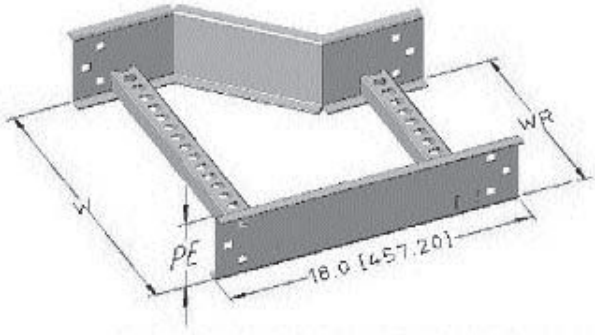
Accesorios que permiten la unión de tramos rectos de diferentes anchos en el mismo plano.



Charola con Reducción Recta (HRR)



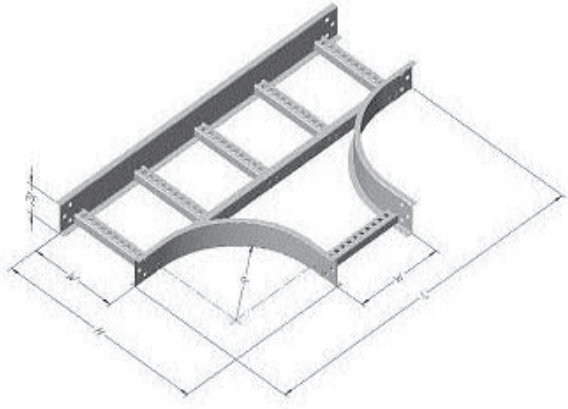
Charola con Reducción Lateral (HRLL)



Charola Con Reducción Recta (HRLD)

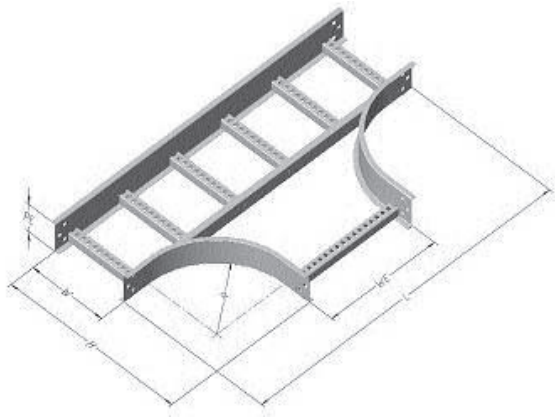
- **T *horizontal***

Accesorio que une soportes rectos para cables en tres direcciones a intervalos de 90° y específicamente diseñada para plano horizontal.



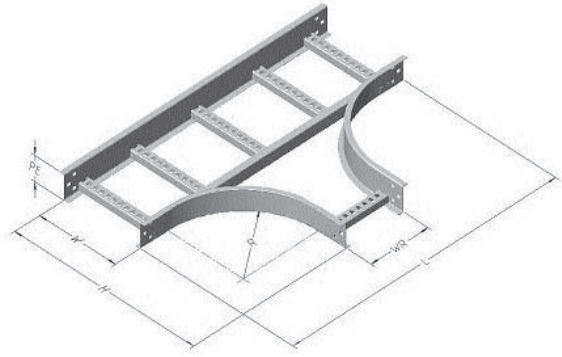
- **T *horizontal con expansión***

Accesorio que une soportes rectos para cables en tres direcciones a intervalos de 90° y específicamente diseñada para plano horizontal. Dos soportes rectos para cables del mismo ancho y uno de mayor ancho que los anteriores.



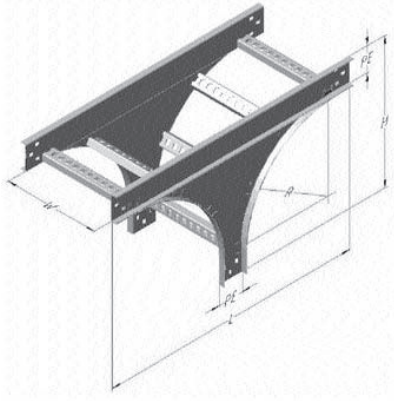
- **T *horizontal con reducción***

Accesorio que une soportes rectos para cables en tres direcciones a intervalos de 90° y específicamente diseñada para plano horizontal. Dos soportes rectos para cables del mismo ancho y uno de menor ancho que los anteriores.



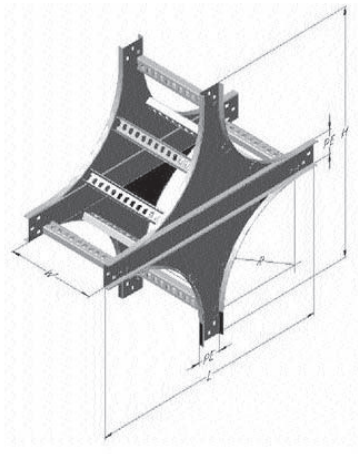
- **T *vertical para soportes***

Accesorio que une soportes rectos para cables en tres direcciones a intervalos de 90° y específicamente diseñada para plano vertical.



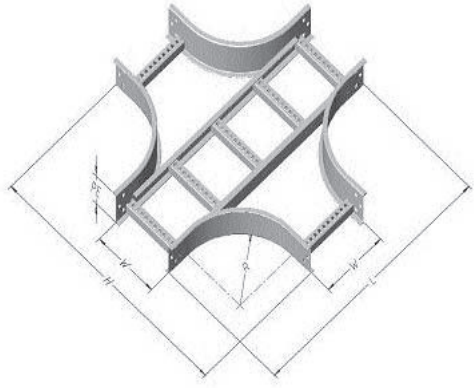
- **X *vertical para soportes***

Accesorio que une soportes rectos para cables, en cuatro direcciones a intervalos de 90° y específicamente diseñada para plano vertical.



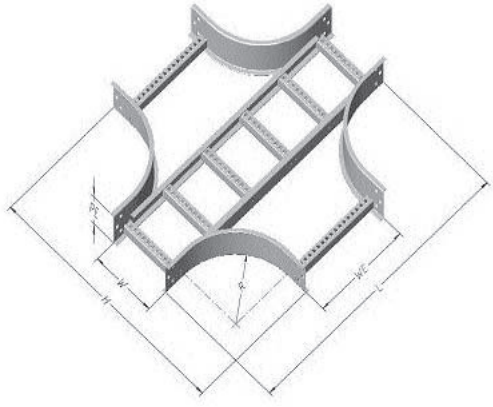
- **X *horizontal***

Accesorio de un soporte para cables que une tramos rectos, en cuatro direcciones a intervalos de 90° y específicamente diseñada para plano horizontal.



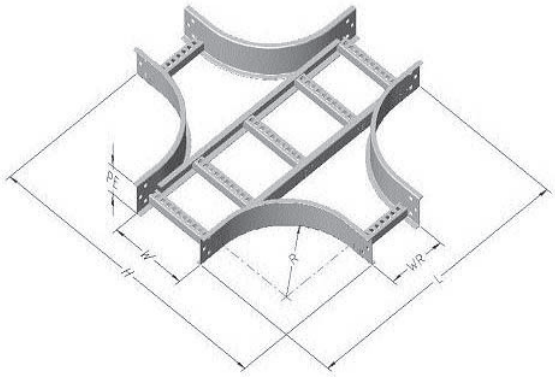
- **X *horizontal con expansión***

Accesorio de un soporte para cables que une tramos rectos, en cuatro direcciones a intervalos de 90° y específicamente diseñada para plano horizontal. Dos soportes rectos para cables del mismo ancho y dos de mayor ancho que los anteriores.



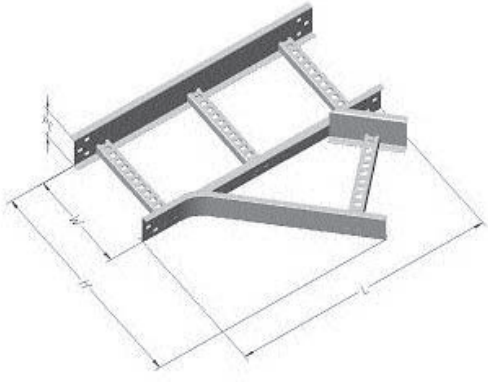
- **X** ***horizontal con reducción***

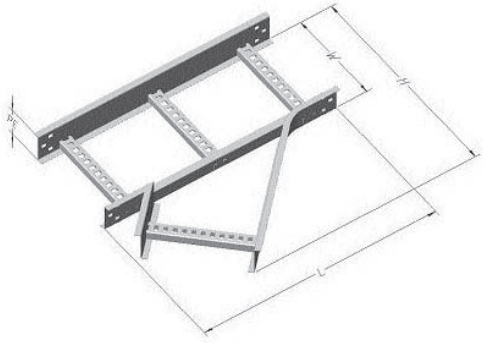
Accesorio de un soporte para cables que une tramos rectos, en cuatro direcciones a intervalos de 90° y específicamente diseñada para plano horizontal. Dos soportes rectos para cables del mismo ancho y dos de menor ancho que los anteriores.



- **Y** ***horizontal derecha o izquierda***

Accesorio que permite una derivación de un soporte recto para cables a la derecha o la izquierda, en el plano horizontal.





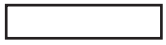
Simbología e interpretación de planos

Símbolos en instalaciones eléctricas

Hemos comentado anteriormente los componentes de las instalaciones eléctricas. Para una fácil interpretación de los circuitos eléctricos y sus componentes, así como la elaboración e interpretación de planos, se usan los llamados símbolos convencionales. A continuación presentamos los más utilizados:

Salida de lámpara incandescente

Luminaria de pared (arbotante) exterior


Lámpara fluorescente

Receptáculo en piso

Receptáculo doble en muro

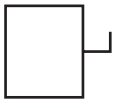
Salida especial

Interruptor de puerta

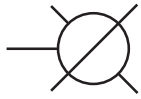
Interruptor de escalera

Tablero de distribución de alumbrado

Timbre


Interruptor flotador

Ventilador


Luminaria de pared (arbotante) interior

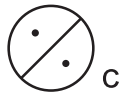
Arbotante fluorescente interior

Receptáculo sencillo

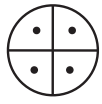
Receptáculo controlado por apagador

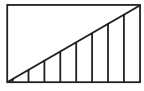
Receptáculo sencillo intemperie

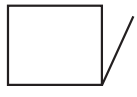
Interruptor sencillo



Interruptor sencillo de cadena

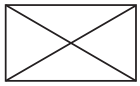

Interruptor de escalera


Tablero de fuerza

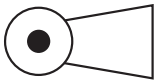

Zumbador

Interruptor de timbre

Salida para televisión


Registro en muros o losa

Extensión telefónica

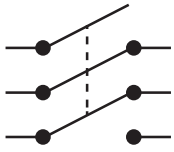

Interfón

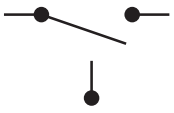
Línea por piso

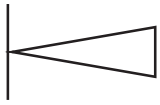
Cuadro indicador

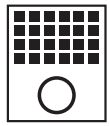
Interruptor termomagnético

Interruptor (de navajas)
1 polo


Interruptor (de navajas)
o cuchillas de 3 polos

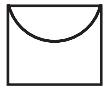

Interruptor de presión para
flotador en posición abierta
(con tanque bajo o cisterna
sin agua)


Teléfono

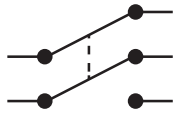

Tablero de portero eléctrico

Línea por muro y losa

Tubería para teléfono


Medidor de la CFE

Fusible


Interruptor (de navajas)
o cuchillas de 2 polos

Interruptor de presión para
flotador en posición abierta
(con tanque elevado lleno)

Pueden utilizarse otros símbolos en los planos eléctricos, siempre y cuando se aclare en el mismo plano lo que significan con el objeto de facilitar su comprensión. Consultar la norma mexicana NMX-J-136-ANCE, la cual establece las abreviaturas y símbolos gráficos, que se utilizan en diagramas, planos y equipos eléctricos.

Planos eléctricos

El primer paso para la realización de una instalación eléctrica para un trabajo en específico es obtener un diagrama de alambrado y conexiones eléctricas.

En casas habitación individuales y en los departamentos de edificios multifamiliares se debe disponer de un conjunto de planos arquitectónicos de construcción, entre los cuales se encuentra el correspondiente a la instalación eléctrica en donde se muestran los elementos de la instalación, como son

salidas, trayectorias de tubos (conduit) a tableros, elementos particulares, etc., así como las características principales de estos elementos.

En trabajos relativamente pequeños, el electricista puede elaborar un plano preliminar y de común acuerdo con el propietario determinar las particularidades de la instalación indicándolas en el plano. Esto lo puede elaborar la persona encargada de hacer la instalación eléctrica y sólo obtener la aprobación de la casa habitación.

Para efectuar la instalación eléctrica en sí, es necesario que estos planos tengan cierta presentación e información, para obtener la aprobación correspondiente de la dependencia oficial.

Principios del alambrado eléctrico

El alambrado de una instalación eléctrica consiste básicamente de tres etapas:

1. Elaboración de planos, en los cuales se indica por medio de símbolos convencionales la localización de los principales elementos de la instalación.
2. Las indicaciones necesarias para el alambrado y diagrama de conexiones para cada uno de los elementos de la instalación. Esto es particularmente importante para la instalación misma y sobre todo para el electricista que aún no tiene experiencia.
3. Los detalles mismos de la ejecución de cada una de las partes de la instalación eléctrica, como son: formas de ejecutar las conexiones, número de conductores por elemento, etc.

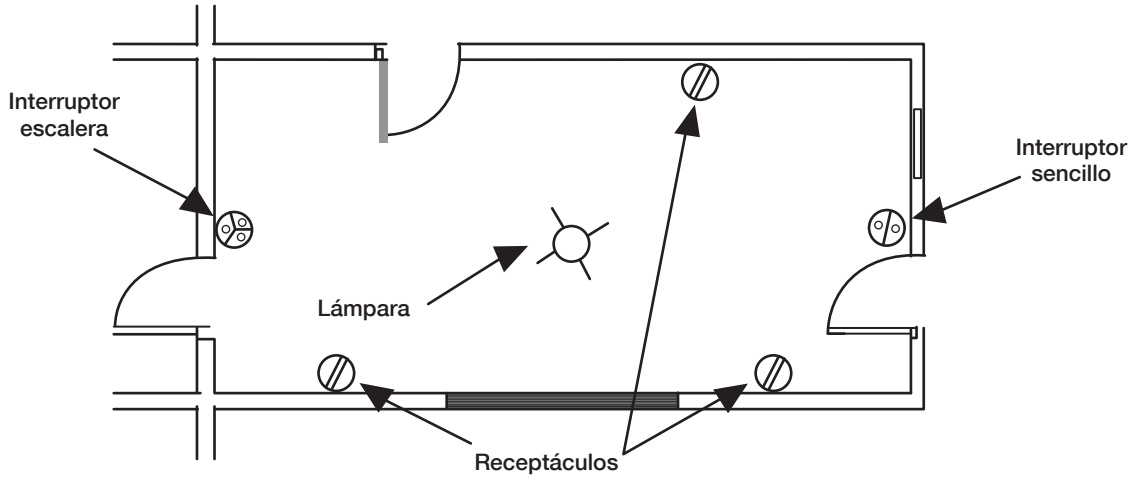
El conocimiento general de estas tres etapas en el inicio del cálculo o proyecto de una instalación eléctrica, permitirá disponer de la información necesaria para el cálculo propiamente dicho de la instalación eléctrica.

Los dibujos o planos para la instalación eléctrica

Cuando se preparan dibujos o planos arquitectónicos para construir una casa habitación se debe procurar que éstos contengan toda la información y dimensiones necesarias para poder llevar el proyecto hasta su última etapa. De estos planos se hacen reproducciones, llamadas heliográficas.

La correcta lectura e interpretación de estos planos se adquiere a través del tiempo, pero un buen inicio se puede adquirir con la ayuda de una guía sistemática que permita tener una mejor idea práctica del problema.

En la siguiente figura se muestra el principio básico de estos diagramas:



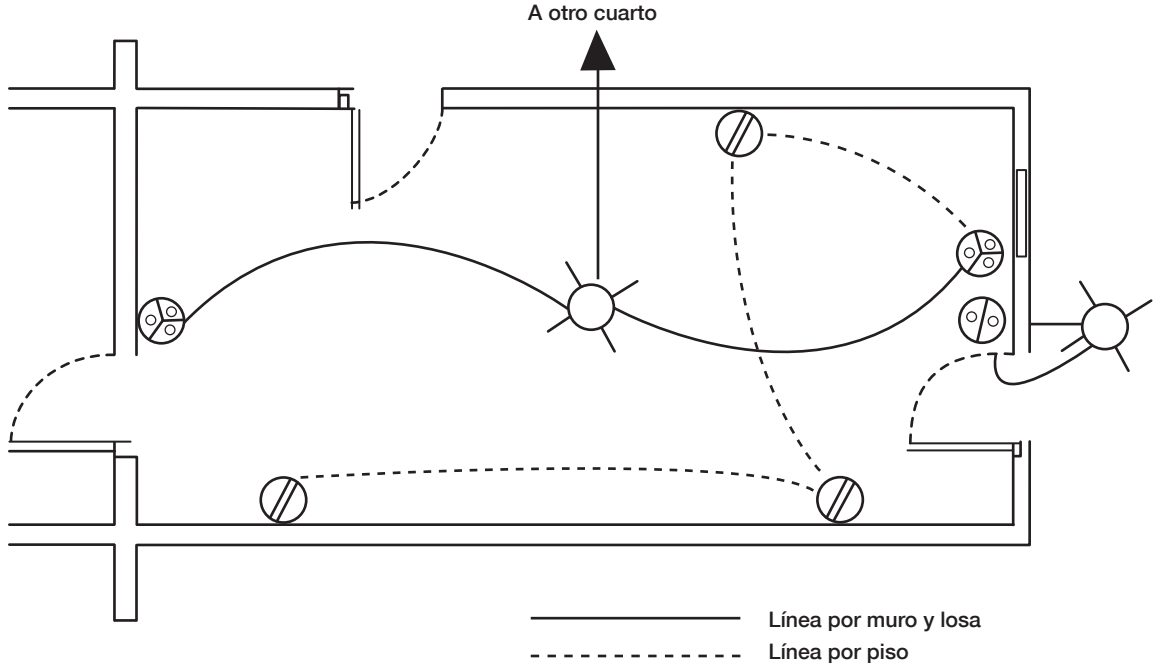
Planta simplificada de un cuarto de una casa habitación

Elaboración de los diagramas de alambrado

Acabamos de ver los elementos que aparecen en el plano de la instalación eléctrica de una casa habitación. Lo siguiente para el proyectista y/o instalador es cómo crear el sistema eléctrico de la instalación a partir de los planos eléctricos.

En esta parte se trata el problema de cómo analizar los circuitos eléctricos para su instalación, es decir cómo se prepara un plano eléctrico para la construcción y el alambrado y cómo se deben alambrar los distintos componentes de la instalación, como es el caso de contactos, apagadores y lámparas, así como elementos adicionales.

El objetivo es aprender a interpretar los planos de una casa habitación, ya que a partir de esto es fácilmente comprensible la instalación eléctrica de otro tipo de locales. Para esto resulta conveniente tratar por separado cada uno de los componentes de la casa habitación, es decir cada una de la áreas (recámaras, sala, comedor, cocina, baño, etc.), tratando siempre de generalizar el procedimiento. Con base en esto es posible tener una idea más clara de cómo hacerlo para cualquier caso particular. Recuérdese que el objetivo final es tener una instalación eléctrica funcionando.



Planta simplificada de un cuarto de una casa habitación, mostrando posibles trayectorias de tubo (conduit) para alambrado a las salidas.

Detalles del alambrado y diagrama de conexiones

A fin de simplificar los diagramas y para evitar confusiones en la interpretación de los mismos, se usará la siguiente notación para los conductores:
L = conductor de línea o fase
N = conductor neutro
R = conductor de retorno

La Norma Oficial de Instalaciones Eléctricas NOM-001-SEDE recomienda para la ejecución práctica de las instalaciones eléctricas y con propósitos de facilitar la identificación de los conductores que forman el alambrado, los siguientes colores:

Normatividad y diseño

Importancia de la Norma de Instalaciones Eléctricas NOM-001-SEDE-2012

La norma que contempla la forma en que se deben realizar las instalaciones eléctricas en México es la *Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012 "Instalaciones Eléctricas (Utilización)"*. Esta norma tiene carácter obligatorio en todo el territorio nacional, y se elaboró con el objetivo de establecer las disposiciones y especificaciones de carácter técnico que deben satisfacer las instalaciones destinadas a la utilización de la energía eléctrica, a fin de que ofrezcan condiciones adecuadas de seguridad para las personas y sus propiedades, en lo referente a protección contra descargas eléctricas, efectos térmicos, sobrecorrientes, corrientes de falla y sobretensiones, fenómenos atmosféricos e incendios, entre otros.

La NOM-001-SEDE-2012 cubre a las instalaciones destinadas a la utilización de la energía eléctrica en:

a) Propiedades industriales, comerciales, residenciales y de vivienda, institucionales, cualquiera que sea su uso, públicas y privadas, y en cualquiera de los niveles de tensiones eléctricas de operación, incluyendo las utilizadas para el equipo eléctrico conectado por los usuarios. Instalaciones en edificios utilizados por las empresas suministradoras, tales como edificios de oficinas, almacenes, estacionamientos, talleres mecánicos y edificios para fines de recreación.
b) Casas móviles, vehículos de recreo, construcciones flotantes, ferias, circos y exposiciones, estacionamientos, talleres, lugares de reunión, lugares de atención a la salud, construcciones agrícolas, marinas y muelles.
c) Todas las instalaciones del usuario situadas fuera de edificios.
d) Alambrado fijo para telecomunicaciones, señalización, control y similares (excluyendo el alambrado interno de aparatos).
e) Las ampliaciones o modificaciones a las instalaciones, así como a las partes de instalaciones existentes afectadas por estas ampliaciones o modificaciones.

La NOM-001-SEDE-2012 no se aplica en:

a) Instalaciones eléctricas en embarcaciones.
b) Instalaciones eléctricas para unidades de transporte público eléctrico, aeronaves o vehículos automotores.
c) Instalaciones eléctricas del sistema de transporte público eléctrico, en lo relativo a la generación, transformación, transmisión o distribución de energía eléctrica utilizada exclusivamente para la operación del equipo rodante, o de señalización y comunicación.
d) Instalaciones eléctricas en áreas subterráneas de minas, así como en la maquinaria móvil autopropulsada de minería superficial y el cable de alimentación de dicha maquinaria.
e) Instalaciones de equipo de comunicaciones que estén bajo el control exclusivo de empresas de servicio público de comunicaciones donde se localice.

Para asegurar que los materiales y equipos empleados en las instalaciones eléctricas son los adecuados, la NOM-001-SEDE-2012 establece, en la parte 110-2. "Aprobación", del ARTÍCULO 110 –

"REQUISITOS DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS", los requisitos que deben cumplir y los cuales se indican a continuación:

110-2. Aprobación. En las instalaciones eléctricas a que se refiere esta NOM deben utilizarse materiales y equipos (productos) que cumplan con lo establecido en el numeral 4.3.1. Los materiales y equipos (productos) de las instalaciones eléctricas sujetos al cumplimiento de normas oficiales mexicanas o normas mexicanas, deben contar con un certificado expedido por un organismo de certificación de productos, acreditado y en su caso aprobado. Los materiales y equipos (productos) que cumplan con las disposiciones establecidas en los párrafos anteriores se consideran aprobados para los efectos de esta NOM.

El organismo de certificación de productos del sector eléctrico acreditado y aprobado es la Asociación de Normalización y Certificación, A.C. (ANCE), que cuenta con la acreditación de la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) y emite certificados con validez oficial en México.

Asociación de Normalización y Certificación, A.C.

La ANCE es una sociedad privada que brinda apoyo y servicios en materia de normalización, laboratorio de pruebas, certificación de sistemas de calidad, certificación de productos y verificación en el sector eléctrico.

A continuación se muestra una lista de algunas de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) y Normas Mexicanas (NMX) que deben cumplir los productos eléctricos:

Tabla B1.2

Listado de normas de productos eléctricos

Norma	Título
NOM-003-SCFI-2000	Productos eléctricos especificaciones de seguridad.
NOM-058-SCFI-1999	Productos eléctricos-balastros para lámparas de descarga eléctrica en gas-especificaciones de seguridad.
NOM-063-SCFI-2001	Productos eléctricos-conductores-requisitos de seguridad.
NOM-064-SCFI-2000	Productos eléctricos-luminarios para uso en interiores y exteriores-especificaciones de seguridad y métodos de prueba.
NOM-021-ENER/SCFI/ECOL/SCFI-2000	Eficiencia energética, requisitos de seguridad al usuario y eliminación de clorofluorocarbonos (CFC's) en acondicionadores de aire tipo cuarto. Límites, métodos de prueba y etiquetado.
NOM-011-ENER-2002	Eficiencia energética en acondicionadores de aire tipo central paquete o dividido. Límite, métodos de prueba y etiquetado.
NOM-014-ENER-2004	Eficiencia energética de motores eléctricos de corriente alterna, monofásicos, de inducción, tipo jaula de ardilla, enfriados con aire, en potencia nominal de 0,180 kW a 1 500 kW. Límites, método de prueba y marcado.
NOM-016-ENER-2002	Eficiencia energética de motores de corriente alterna, trifásicos, de inducción, tipo jaula de ardilla, en potencia nominal de 0,746 a 373 kW. Límites, método de prueba y marcado.
NMX-J-002-ANCE	Conductores-alambres de cobre duro para usos eléctricos-especificaciones.
NMX-J-008-ANCE	Conductores-alambres de cobre estañado suave o recocido para usos eléctricos-especificaciones.

Norma	Título
NMX-J-009/248/1-ANCE	Productos eléctricos-fusibles-fusibles para baja tensión, parte 1: requisitos generales.
NMX-J-009/248/7-ANCE	Productos eléctricos-fusibles-fusibles para baja tensión, parte 7: fusibles renovables letra h-especificaciones y métodos de prueba.
NMX-J-009/248/11-ANCE	Productos eléctricos-fusibles-fusibles para baja tensión, parte 11: fusibles tipo tapón-especificaciones y métodos de prueba.
NMX-J-010-ANCE	Conductores-conductores con aislamiento termoplástico para instalaciones hasta 600 V-especificaciones.
NMX-J-012-ANCE	Conductores-cable de cobre con cableado concéntrico para usos eléctricos-especificaciones.
NMX-J-024-ANCE	Artefactos eléctricos-portalámparas roscados tipo Edison-especificaciones y métodos de prueba.
NMX-J-028-ANCE	Conductores-cables concéntricos tipo espiral para acometida aérea a baja tensión, hasta 600 V-especificaciones.
NMX-J-036-ANCE	Conductores-alambre de cobre suave para usos eléctricos-especificaciones
NMX-J-058-ANCE	Conductores-cable de aluminio con cableado concéntrico y alma de acero (ACSR)-especificaciones.
NMX-J-059-ANCE	Conductores-cable de cobre con cableado concéntrico compacto, para usos eléctricos-especificaciones.
NMX-J-116-ANCE	Transformadores de distribución tipo poste y tipo subestación-especificaciones.
NMX-J-285-ANCE	Transformadores de distribución tipo pedestal monofásico y trifásico para distribución subterránea.
NMX-J-429-ANCE	Conductores-alambres, cables y cordones con aislamiento de PVC 80 °C, 90 °C y 105 °C, para usos electrónicos-especificaciones.
NMX-J-436-ANCE	Conductores-cordones flexibles para uso rudo y extra rudo, hasta 600 V-especificaciones.
NMX-J-508-ANCE	Artefactos eléctricos-requisitos de seguridad-especificaciones y métodos de prueba.
NMX-J-511-ANCE	Productos eléctricos-sistemas de soportes metálicos tipo charola para cables-especificaciones y métodos de prueba.
NMX-J-554-ANCE	Roscas para tubo (conduit) y sus accesorios-especificaciones y método de prueba.
NMX-J-005-ANCE	Productos eléctricos-interruptores de uso general para instalaciones eléctricas fijas, domésticas y similares-requerimientos generales.
NMX-J-023-ANCE	Productos eléctricos-cajas registro metálicas de salida-parte 1: especificaciones y métodos de prueba.
NMX-J-266-ANCE	Productos eléctricos-interruptores-interruptores automáticos en caja moldeada-especificaciones y métodos de prueba.
NMX-J-412/1-ANCE	Clavijas y receptáculos para uso doméstico y similar, parte 1: requisitos generales.
NMX-J-569-ANCE	Accesorios eléctricos-interruptores automáticos para la protección contra sobrecorriente en instalaciones domésticas y similares-interruptores automáticos para operación con c.a.
NMX-J-538/2-ANCE	Productos de distribución y de control de baja tensión parte 2: interruptores automáticos.
NMX-J-520-ANCE	Interruptor de circuito por falla a tierra-especificaciones y métodos de prueba.
NMX-J-515-ANCE	Equipos de control y distribución-requisitos generales de seguridad-especificaciones y métodos de prueba.

Adicionalmente a las normas indicadas anteriormente, los siguientes documentos son importantes en cuanto a la aplicación correcta de la NOM-001-SEDE-2012:

- Ley Federal sobre Metrología y Normalización y su Reglamento.
- Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica y su Reglamento.
- NOM-008-SCFI, Sistema General de Unidades de Medida.
- NOM-024-SCFI, Información comercial – aparatos electrónicos, eléctricos y electrodomésticos – Instructivos y garantías para los productos de fabricación nacional e importada.
- NOM-050-SCFI, Información comercial – información comercial del envase o su etiqueta que deberán ostentar los productos de fabricación nacional y extranjera.

- NMX-J-098, Sistemas eléctricos de potencia – suministro – Tensiones eléctricas normalizadas.

Es importante indicar lo que la NOM-001-SEDE-2012 menciona en la sección 3.1. del TITULO 3 – "Lineamientos para la aplicación de las especificaciones en las instalaciones eléctricas":

"Las disposiciones establecidas en las especificaciones de la NOM-001-SEDE-2012 no deben considerarse como guía de diseño de instalaciones ni como un manual de instrucciones para personas no-calificadas.* Se considera que para hacer un uso apropiado de esta NOM, es necesario recibir entrenamiento y tener experiencia suficiente en el manejo de las instalaciones eléctricas."

La autoridad encargada de vigilar el cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE es la Secretaría de Energía, a través de la Dirección General de Abastecimiento de Energía Eléctrica y Recursos Nucleares.

El mecanismo de vigilancia lo conforman las Unidades de Verificación de Instalaciones Eléctricas (UVIE's). Las UVIE's son personas físicas o morales que realizan actos de verificación para evaluar la conformidad con la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012 "Instalaciones Eléctricas (utilización)", que han sido acreditadas por una entidad de acreditación (EMA) y aprobadas por la SENER, conforme a lo establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización (Artículos 68 y 70).

Las UVIE's se constituyen para dar cumplimiento a lo establecido en la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, en su Reglamento, en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y en el Reglamento Interior de la Secretaría de Energía, así como en el decreto que reforma dicho Reglamento.

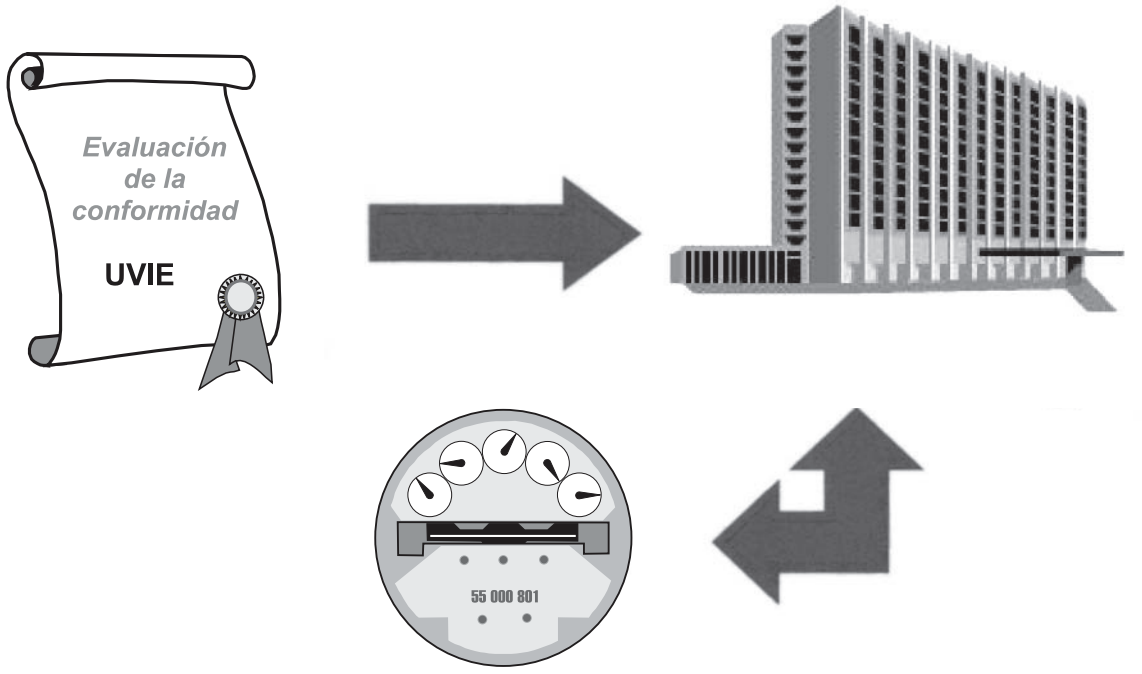
Básicamente una Unidad de Verificación realiza lo siguiente:

- Revisión del proyecto eléctrico (planos y memoria de cálculo).
- Revisión física de las instalaciones (visitas de verificación):
  - Instalación de materiales normalizados y certificados.
  - Continuidad eléctrica de envolventes y canalizaciones metálicas.
  - Continuidad de conductores.
  - Resistencia de aislamiento de conductores.
  - Resistencia de electrodos artificiales y de la red de tierras.
  - Polaridad de las conexiones en los receptáculos.

Las instalaciones eléctricas que deben verificarse son las de A.T., con valores superiores de 1 000 V entre conductores o más de 600 V con respecto a tierra, inmuebles que cuenten con una subestación eléctrica y lugares de concentración pública con acometida en B.T. Se incluyen las áreas clasificadas como peligrosas.

Cuando la instalación eléctrica cumple cabalmente lo dispuesto por las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), la Unidad de Verificación entrega al usuario la evaluación de la conformidad con dichas normas, misma que el usuario debe mostrar a la CFE para poder hacer su contrato de suministro eléctrico.

**Persona calificada*. Es aquella persona física cuyos conocimientos y facultades especiales para intervenir en el proyecto, cálculo, construcción, operación o mantenimiento de una determinada instalación eléctrica han sido comprobados en términos de la legislación vigente o por medio de un procedimiento de evaluación de la conformidad bajo la responsabilidad del usuario o propietario de las instalaciones.



La NOM-001-SEDE-2012 no tiene carácter retroactivo y sólo es aplicable a proyectos y construcciones que se inicien en fecha posterior a su entrada en vigor, incluyendo ampliaciones o modificaciones a instalaciones existentes.

La NOM-001-SEDE-2012 se ha apegado al uso de las unidades al Sistema General de Unidades de Medida, tal y como se establece en el Título 2 REFERENCIAS de esta NOM, único legal y de uso obligatorio en los Estados Unidos Mexicanos. En la siguiente tabla se indican las magnitudes, unidades y símbolos utilizados en la NOM-001-SEDE-2012:

Magnitudes, unidades y símbolos

Magnitud	Unidad	Símbolo
Ángulo	Grado	°
Capacidad eléctrica	Farad	F
Carga eléctrica, cantidad de electricidad	Coulomb	C
Corriente eléctrica	Ampere	A
Corriente eléctrica alterna	——	c.a.
Corriente eléctrica continua	——	c.d.
Densidad de corriente	Ampere por metro cuadrado	A/m^2
Eficacia luminosa	Lumen por watt	lm/W
Flujo luminoso	Lumen	lm
Frecuencia	Hertz	Hz
Fuerza	Newton	N
Impedancia	Ohm	Ω
Intensidad luminosa	Candela	cd
Longitud	Metro	m
Luminancia	Candela por metro cuadrado	cd/m^2
Luminosidad, iluminancia	Lux	Lx

Magnitud	Unidad	Símbolo
Masa	Kilogramo	kg
Potencia, flujo energético	Watt	W
Presión, tensión mecánica	Pascal	Pa
Resistencia eléctrica	Ohm	Ω
Resistividad	Ohmmetro	Ωm
Superficie	Metro cuadrado	m^2
Temperatura celsius	Grado celsius	°C
Tensión eléctrica, diferencia de potencial	Volt	V
Tiempo	Segundo	s
Trabajo, energía, calor	Joule	J
Volumen	Metro cúbico	m^3
	Litro	l, L

Vista general de la Norma de Instalaciones Eléctricas NOM-001-SEDE-2012

El índice general de la NOM-001-SEDE-2012 es el siguiente:

- **Introducción.**
- **Título 1.** Objetivo y campo de aplicación.
- **Título 2.** Referencias.
- **Título 3.** Lineamientos para la aplicación de las especificaciones en las instalaciones eléctricas (Utilización)
- **Título 4.** Principios fundamentales
- **Título 5.** Especificaciones.
- **Título 6.** Vigilancia.
- **Título 7.** Bibliografía
- **Título 8.** Concordancia con normas internacionales y normas mexicanas.
- **Apéndices A, B, C, D y E**

EL Título 5 es el que contiene básicamente todas las especificaciones técnicas para las instalaciones eléctricas y se divide en 10 capítulos. Los capítulos 1, 2, 3 y 4 son de aplicación general; los capítulos 5, 6 y 7 se aplican a lugares específicos, a equipos especiales y a otras condiciones particulares. Las disposiciones establecidas por estos últimos capítulos son suplementarias o modifican lo establecido en los primeros. Lo indicado en los capítulos 1 a 4 se aplica en forma general, excepto lo que se indique para condiciones particulares en los capítulos 5, 6 y 7.

El capítulo 8 cubre instalaciones para sistemas de comunicación y es independiente de los demás capítulos, excepto cuando ahí se haga alguna referencia específica.

El capítulo 9 incluye disposiciones para instalaciones destinadas al servicio público.

El capítulo 10 consiste de tablas de datos de conductores y de sus aislamientos, así como de tubo (conduit) y de los factores de ocupación por los conductores. Se han incluido los apéndices A, B, C, D y E. El apéndice D es de carácter normativo, mientras que los apéndices A, B, C y E son de carácter informativo.

Para efectos de simplicidad, se ha omitido anteponer el número del Título 5 (especificaciones) en la numeración de capítulos, secciones y subsecciones, es decir, en lugar de 5.3.50.10, se indica 350-10 para identificar la Sección 10 del Artículo 50 del Capítulo 3.

Cada Capítulo está dividido en artículos. Cada artículo trata un tema específico; por ejemplo: alimentadores, puesta a tierra, circuitos derivados, circuitos de motores, etcétera.

Cuando un artículo es muy extenso, se subdivide en partes, las cuales desglosan el tema principal en grupos de información; así se tendrá, por ejemplo, parte A, B, C, etcétera.

A la disposición básica de la NOM se le denomina *sección* y se identifica con números y letras. Una sección se desglosa en ocasiones en *subsecciones* (con letras entre paréntesis), y cada subsección puede estar desglosada, aún más, en números entre paréntesis; por ejemplo 218-8(a)(1). Es importante que cuando se haga una referencia a esta NOM, sea proporcionada en forma completa.

Las *excepciones* proporcionan alternativas a una disposición específica. Se presentan dos tipos de excepciones: una excepción indica obligatoriedad y la otra indica algo permisible. Cuando una disposición tiene varias excepciones, primeramente se presentan las de carácter obligatorio y posteriormente las permisibles.

Una excepción obligatoria generalmente incluye términos como "debe" o "no debe" en su texto. La excepción de tipo permisible generalmente incluye la expresión "se permite".

A continuación se proporciona el índice del Titulo 5 de la NOM-001-SEDE-2012

TITULO 5. ESPECIFICACIONES

CAPITULO 1
DISPOSICIONES GENERALES
Artículo 100 Definiciones
Artículo 110 Requisitos de las instalaciones eléctricas
CAPITULO 2
ALAMBRADO Y PROTECCIÓN
Artículo 200 Uso e identificación de los conductores puestos a tierra
Artículo 210 Circuitos derivados
Artículo 215 Alimentadores
Artículo 220 Cálculo de los circuitos derivados, alimentadores y acometidas
Artículo 225 Circuitos derivados y alimentadores exteriores.
Artículo 230 Acometidas
Artículo 240 Protección contra sobrecorriente
Artículo 250 Puesta a tierra y unión
Artículo 280 Apartarrayos de más de 1000 volts
Artículo 285 Supresores de sobretensiones transitorias de 1000 volts o menos (SSTT)
CAPITULO 3
MÉTODOS DE ALAMBRADO Y MATERIALES
Artículo 300 Métodos de alambrado
Artículo 310 Conductores para alambrado en general
Artículo 312 Gabinetes, cajas de desconexión y bases para medidores
Artículo 314 Cajas, cajas de paso y sus accesorios, utilizadas para salida, empalme, unión o jalado
Artículo 320 Cable armado Tipo AC
Artículo 322 Ensambles de cable plano Tipo FC
Artículo 324 Cable de conductor plano Tipo FCC
Artículo 326 Cable con separador integrado de gas Tipo IGS
Artículo 328 Cable de media tensión
Artículo 330 Cable con armadura metálica Tipo MC
Artículo 332 Cable con aislamiento mineral y cubierta metálica Tipo MI
Artículo 334 Cable con forro no metálico Tipos NM, NMC y NMS
Artículo 336 Cables de fuerza y control para charola Tipo TC
Artículo 338 Cables de acometida Tipos SE y USE
Artículo 340 Cables para alimentadores y circuitos derivados subterráneos Tipo UF

Artículo 342 Tubo conduit metálico semipesado Tipo IMC
Artículo 344 Tubo conduit metálico pesado Tipo RMC
Artículo 348 Tubo conduit metálico flexible Tipo FMC
Artículo 350 Tubo conduit metálico flexible hermético a los líquidos Tipo LFMC
Artículo 352 Tubo conduit rígido de policloruro de vinilo Tipo PVC
Artículo 353 Tubo conduit de polietileno de alta densidad Tipo HDPE
Artículo 354 Tubo conduit subterráneo no metálico con conductores Tipo NUCC
Artículo 355 Tubo conduit de resina termofija reforzada Tipo RTRC
Artículo 356 Tubo conduit no metálico flexible hermético a los líquidos Tipo LFNC
Artículo 358 Tubo conduit metálico ligero Tipo EMT
Artículo 360 Tubo conduit metálico flexible ligero Tipo FMT
Artículo 362 Tubo conduit no metálico Tipo ENT
Artículo 364 Tubo conduit de polietileno
Artículo 366 Canales auxiliares
Artículo 368 Electroductos o ductos con barras (Busway)
Artículo 370 Canalizaciones prealambradas
Artículo 372 Canalizaciones en pisos celulares de concreto
Artículo 374 Canalizaciones en pisos metálicos celulares
Artículo 376 Ductos metálicos
Artículo 378 Ductos no metálicos
Artículo 380 Ensamble multicontacto
Artículo 382 Extensiones no metálicas
Artículo 384 Canalizaciones de canal de tipo vigueta
Artículo 386 Canalizaciones metálicas superficiales
Artículo 388 Canalizaciones no metálicas superficiales
Artículo 390 Canalizaciones bajo el piso
Artículo 392 Charolas portacables
Artículo 394 Alambrado oculto sobre aisladores de porcelana y tubo
Artículo 396 Alambrado sostenido por cable mensajero
Artículo 398 Alambrado abierto sobre aisladores
Artículo 399 Conductores aéreos en exteriores de más de 600 volts

CAPITULO 4

EQUIPO DE USO GENERAL

Artículo 400 Cables y cordones flexibles
Artículo 402 Cables para artefactos
Artículo 404 Desconectadores
Artículo 406 Contactos, conectores de cordón y clavijas de conexión
Artículo 408 Tableros de distribución y tableros de alumbrado y control
Artículo 409 Tableros de control industrial
Artículo 410 Luminarias, portalámparas y lámparas
Artículo 411 Sistemas de alumbrado que funcionan a 30 volts o menos
Artículo 422 Aparatos
Artículo 424 Equipo eléctrico fijo para calefacción de ambiente
Artículo 426 Equipo eléctrico fijo para descongelar y derretir nieve
Artículo 427 Equipo eléctrico fijo para calentamiento de tuberías y recipientes
Artículo 430 Motores, circuitos de motores y controladores
Artículo 440 Equipos de aire acondicionado y de refrigeración
Artículo 445 Generadores
Artículo 450 Transformadores y bóvedas para transformadores (incluidos los enlaces del secundario)
Artículo 455 Convertidores de fase

Artículo 460 Capacitores
Artículo 470 Resistencias y reactores
Artículo 480 Baterías de acumuladores
Artículo 490 Equipos de más de 600 volts nominales

CAPITULO 5

AMBIENTES ESPECIALES

Artículo 500 Areas peligrosas (clasificadas), clases I, II y III, divisiones 1 y 2
Artículo 501 Areas clase I
Artículo 502 Areas clase II
Artículo 503 Areas clase III
Artículo 504 Sistemas intrínsecamente seguros
Artículo 505 Areas clase I, zonas 0, 1 y 2
Artículo 506 Lugares en zonas 20, 21 y 22 para polvos combustibles o fibras/partículas suspendidas inflamables
Artículo 510 Areas peligrosas (clasificadas) específicas
Artículo 511 Estacionamientos comerciales, talleres de servicio y de reparación de vehículos automotores
Artículo 513 Hangares para aeronaves
Artículo 514 Gasolineras y estaciones de servicio
Artículo 515 Plantas de almacenamiento de combustibles
Artículo 516 Procesos de aplicación por rociado, inmersión y recubrimiento
Artículo 517 Instalaciones en establecimientos de atención de la salud
Artículo 518 Lugares de reunión
Artículo 520 Teatros, áreas de audiencia en cines y estudios de televisión, áreas de actuación y lugares similares
Artículo 522 Sistemas de control para parques permanentes de diversiones
Artículo 525 Atracciones móviles, circos, ferias y eventos similares
Artículo 530 Estudios de cine, televisión y lugares similares
Artículo 540 Cabinas de proyección de cine
Artículo 545 Edificios prefabricados
Artículo 547 Construcciones agrícolas
Artículo 550 Casas móviles, casas prefabricadas y estacionamientos de casas móviles
Artículo 551 Vehículos de recreo y sus estacionamientos
Artículo 552 Estacionamiento de remolques
Artículo 553 Construcciones flotantes
Artículo 555 Marinas y astilleros para yates y botes
Artículo 590 Instalaciones provisionales

CAPITULO 6

EQUIPOS ESPECIALES

Artículo 600 Anuncios luminosos y alumbrado de contorno
Artículo 604 Sistemas de alambrado prefabricados
Artículo 605 Muebles de oficina (Accesorios de alumbrado y divisiones alambradas)
Artículo 610 Grúas y montacargas
Artículo 620 Elevadores, montacargas, escaleras eléctricas, pasillos móviles, elevadores de plataforma y elevadores en escaleras para sillas de ruedas
Artículo 625 Equipos para carga de vehículos eléctricos
Artículo 626 Espacios electrificados para estacionamiento de camiones
Artículo 630 Máquinas de soldar eléctricas
Artículo 640 Equipos de procesamiento, amplificación y reproducción de señales de audio
Artículo 645 Equipamiento de tecnología de la información
Artículo 647 Equipos electrónicos sensibles
Artículo 650 Organos tubulares
Artículo 660 Equipos de rayos X

Artículo 665 Equipo de calentamiento por inducción y dieléctrico
Artículo 668 Celdas electrolíticas
Artículo 669 Galvanoplastia
Artículo 670 Maquinaria industrial
Artículo 675 Máquinas de riego operadas o controladas eléctricamente
Artículo 680 Albercas, fuentes e instalaciones similares
Artículo 682 Cuerpos de agua naturales y artificiales
Artículo 685 Sistemas eléctricos integrados
Artículo 690 Sistemas solares fotovoltaicos
Artículo 692 Sistemas de celdas de combustible
Artículo 694 Sistemas eléctricos eólicos pequeños
Artículo 695 Bombas contra incendios

CAPITULO 7
CONDICIONES ESPECIALES
Artículo 700 Sistemas de emergencia
Artículo 701 Sistemas de reserva legalmente requeridos
Artículo 702 Sistemas de reserva opcionales
Artículo 705 Fuentes de generación de energía eléctrica interconectadas
Artículo 720 Circuitos y equipos que funcionan a menos de 50 volts
Artículo 725 Circuitos Clase 1, Clase 2 y Clase 3 de control remoto, de señalización y de potencia limitada
Artículo 727 Cables de instrumentación en charolas Tipo ITC
Artículo 760 Sistemas de alarma contra incendios
Artículo 770 Cables y canalizaciones para fibra óptica

CAPITULO 8
SISTEMAS DE COMUNICACIÓN
Artículo 800 Circuitos de comunicaciones
Artículo 810 Equipos de radio y televisión
Artículo 820 Sistemas de distribución de antenas comunitarias de radio y televisión
Artículo 830 Sistemas de comunicaciones de banda ancha alimentados por una red
Artículo 840 Sistemas de comunicaciones de banda ancha alimentados con la instalación del edificio

CAPITULO 9
INSTALACIONES DESTINADAS AL SERVICIO PÚBLICO
Artículo 920 Disposiciones generales
Artículo 921 Puesta a tierra
Artículo 922 Líneas aéreas
Artículo 923 Líneas subterráneas
Artículo 924 Subestaciones

CAPITULO 10
TABLAS

Diseño de las instalaciones eléctricas

A continuación presentamos la forma de realizar instalaciones eléctricas residenciales, apegados en términos generales en la Norma Oficial Mexicana de Instalaciones Eléctricas NOM-001-SEDE-2012.

Este tema lo presentaremos a través de un ejemplo práctico e iremos paso a paso seleccionando cada uno de los componentes de la instalación eléctrica, hasta completarla. El ejemplo lo ejecutaremos en una casa habitación y es una metodología general, por lo que es aplicable a otro tipo de instalaciones, siempre y cuando se observe para cada una de ellas lo que indica la NOM-001-SEDE-2012.

Planos de obra civil

Existen diferentes tipos de planos en la construcción de edificaciones, como son: planos de cimentación, planos estructurales, planos de distribución, planos de ocupación, plano arquitectónico, planos hidráulicos, etc. Para empezar a ejecutar una instalación eléctrica basta el plano de distribución como el que se muestra en la figura 4.1.

Como podemos observar, el plano de distribución nos permite identificar las áreas que el arquitecto y el dueño de la casa han definido para los diferentes usos. A partir de este momento empieza nuestra labor en el diseño de la instalación eléctrica.

Determinación de las cargas

El primer paso para el diseño de una instalación es la determinación de las cargas eléctricas que se requiere alimentar. Para llevar a cabo esto es necesario conocer los requerimientos del cliente y los requisitos mínimos que indica la NOM-001-SEDE-2012, en la sección 220.

Considerando el plano de distribución de la figura 4.1 de este manual, tomaremos cada una de las áreas de ocupación y definiremos las cargas que se requieren, tanto en alumbrado como en contactos (receptáculos).

En el plano de distribución, el cual se conoce como *de Planta*, empezaremos a ubicar contactos y alumbrado. Para ubicar la posición horizontal y vertical de los componentes eléctricos, es recomendable conocer físicamente la construcción y/o los planos de corte y elevación del inmueble. Como no se cuenta con esta información en todos los casos, ya que depende mucho de la etapa en la cual nos contratemos para realizar el trabajo, ya sea que exista la obra negra o los cimientos o sólo el plano, usaremos para nuestro caso la distribución de áreas y haremos un pequeño diagrama isométrico en el que se indiquen las dimensiones horizontales y verticales. Esto nos permitirá cuantificar los accesorios, tuberías y cables requeridos en la instalación.

Para familiarizarse con la simbología eléctrica se recomienda consultar el capítulo correspondiente de esta publicación.

Notas de la NOM-001-SEDE-2012:

El artículo 210-52, inciso a), de la NOM-001-SEDE-2012, indica que con objeto de reducir el uso de cordones a través de puertas, chimeneas y aberturas similares, en cada cocina, sala de estar, comedor, recibidor, vestíbulo, biblioteca, terraza, recámara, cuarto de recreo o cualquier habitación similar, se deben instalar salidas para receptáculos de modo que cubran las necesidades particulares de cada local, independientemente de satisfacer lo que para el efecto señalen otras disposiciones normativas o reglamentarias expedidas por las autoridades rectoras en materia de construcciones.

El artículo 210-70, de la NOM-001-SEDE-2012, indica que en cada cuarto habitable, baño, vestíbulo, escalera, cochera independiente y entrada o salida exteriores, se deben instalar salidas para alumbrado en cantidad suficiente para cubrir las necesidades particulares de cada local. Las salidas para alumbrado deben estar controladas por medio de interruptores de pared (apagadores) instalados dentro del mismo lugar que controlan. Sin embargo, se indica la siguiente excepción: en los cuartos habitables distintos de las cocinas y cuartos de baño, en los cuales es frecuente instalar uno o más interruptores de pared para controlar las salidas de alumbrado, se pueden sustituir éstas con cualquier otro dispositivo que permita un control automático de las condiciones de iluminación de la habitación. En vestíbulos, escaleras, y accesos al exterior, se permite el control remoto, central o automático del alumbrado.

Patio frontal, área AO1

Para alumbrar este patio, por requerimiento del usuario, ubicaremos cuatro arbotantes compactas fluorescentes intemperie y una salida de centro fluorescente compacta. En la figura 4,2, ilustramos su ubicación. Estas cuatro arbotantes y la lámpara fluorescente compacta van a ser controlados por dos apagadores sencillos ubicados en la entrada del recibidor. La potencia de cada arbotante intemperie y la salida fluorescente compacta ("lámpara ahorradora") de 23W, a una tensión monofásica de 127V.

Cochera, área AO2

Como segunda área a electrificar de la casa se encuentra la cochera. Aquí, por requerimientos del usuario, colocaremos tres salidas fluorescentes compactas de 23W cada una, a una tensión monofásica de 127V. Estas tres lámparas compactas fluorescentes serán controladas por medio de un apagador sencillo, ubicado en el acceso de la casa. También se ha considerado la colocación de dos contactos con interruptor de falla a tierra. En la figura 4,3 ilustraremos su ubicación.

Notas de la NOM-001-SEDE-2012:

El artículo 210-52, inciso g), subinciso 1), de la NOM-001-SEDE-2012, indica que en las viviendas unifamiliares, en todos los sótanos, garages adjuntos, garages independientes y edificios accesorios que tengan instalación eléctrica, se debe instalar por lo menos una salida de contacto adicional a aquellos para equipo específico. El artículo 210-8, inciso a), indica que, para unidades de vivienda, los contactos ubicados en los siguientes espacios deben contar con interruptor de protección de falla a tierra: cuartos de baño, cocheras y también edificios auxiliares con un nivel situados sobre o debajo del nivel del piso, que no estén previstos como cuartos habitables y estén limitados a áreas de almacenamiento, áreas de trabajo y áreas de uso similar, en exteriores, espacios de poca altura, sótanos sin acabado, cubiertas de la cocina, lugares a menos de 1.80 metros del borde exterior de algún fregadero, y en cobertizos para botes. La finalidad de estos interruptores es la de proteger a las personas contra fallas a tierra, para evitar que pase corriente peligrosa a través del cuerpo humano. (véase sección 2.5 Sobrecorrientes, inciso c)- Fallas a tierra).

Pasillo 1 y cuarto de lavado, área AO3

En esta parte de la casa, por ser áreas pequeñas y adyacentes, se han colocado dos lámparas fluorescentes compactas de 23W, a una tensión monofásica de 127V al centro de cada área. Cada lámpara fluorescente compacta está controlada por medio de un apagador sencillo. Al cuarto de lavado le hemos colocado un contacto con interruptor de protección de falla a tierra. En la figura 4.4, ilustramos su ubicación.

Notas de la NOM-001-SEDE-2012:

El artículo 210-52, inciso f), de la NOM-001-SEDE-2012, indica que en las unidades de vivienda se debe instalar por lo menos un receptáculo o contacto por lavadora.

Baño común, área AO4

En esta área hemos colocado una salida fluorescente compacta de 23W, a una tensión monofásica de 127V la cual está controlada por medio de un apagador sencillo. En el área del tocador hemos colocado dos contactos, los cuales cuentan con interruptor con protección de falla a tierra. En la figura 4.5, ilustramos las ubicaciones de las cargas.

Notas de la NOM-001-SEDE-2012:

El artículo 210-8, inciso a), subinciso 1), indica que los receptáculos o contactos de los cuartos de baño deben ofrecer protección a las personas mediante interruptor con protección de falla a tierra.

Guardarropas 1 y 2, áreas AO5 Y AO6

En estas áreas generalmente se almacenan ropa y maletas, por lo que sólo instalaremos una salida fluorescente compacta de 23W, a una tensión monofásica de 127V, en cada una de ellas, controlándolas por medio de un apagador sencillo. En la figura 4.6, podemos ver la ubicación de estas cargas.

Recámaras 1 y 2, áreas AO7 Y AO8

En cada una de estas áreas hemos colocado dos salidas fluorescentes compactas distribuidas simétricamente, de 23W cada una, a una tensión monofásica de 127V. Ambas salidas fluorescentes están controladas por medio de un solo apagador sencillo. Por requerimientos del usuario se ha colocado un contacto dúplex en tres de las paredes de cada área, para facilidad de conexión de pequeños aparatos domésticos. En la figura 4.7, ilustramos la ubicación de estas cargas.

Guardarropa 3, área AO9

En esta área generalmente se almacenan ropa y maletas, por lo que sólo instalaremos una salida fluorescente compacta de 23W, a una tensión monofásica de 127V, controlándola por medio de un apagador sencillo. En la figura 4.8, podemos ver la ubicación se esta carga.

Pasillo 2, área AO10

Con el objeto de no dejar en penumbra esta zona, hemos colocado dos salidas fluorescentes compactas de 23W cada una, a una tensión monofásica de 127V. Estas lámparas están controladas por medio de dos apagadores de tres vías o de escalera. Hemos colocado un contacto dúplex en esta área para conectar equipo de limpieza, como una aspiradora o lava-alfombras. En la figura 4.9, ilustramos la ubicación de estas cargas.

Recámara principal, área AO11

En esta área hemos colocado dos salidas fluorescentes compactas distribuidas simetricamente, de 23W cada una, a una tensión monofásica de 127V. Ambas salidas fluorescentes están controladas por medio de un solo apagador sencillo. Por requerimientos del usuario se ha colocado un contacto dúplex en tres de las paredes de esta área, para facilidad de conexión de pequeños aparatos domésticos. En la figura 4.10, ilustramos la ubicación de estas cargas.

Guardarropa principal, área AO12

En esta área generalmente se almacenan ropa y maletas, por lo que sólo instalaremos una salida fluorescente compacta de 23W, a una tensión monofásica de 127V, controlándola por medio de un apagador sencillo. En la figura 4.11, podemos ver la ubicación de esta carga.

Baño principal, área AO13

En esta área hemos colocado dos salidas fluorescentes compactas de 23W cada una, a una tensión monofásica de 127V. Cada una está controlada independientemente por medio de un apagador sencillo. En el área del tocador hemos colocado dos contactos, los cuales entran con interruptor con protección de falla a tierra. En la figura 4.12, ilustramos las ubicaciones de las cargas.

Sala de descanso, área AO14

En esta sala hemos colocado, por el lado de la entrada principal, una salida fluorescente compacta de 23 W, a una tensión monofásica de 127 V, controlada por un apagador sencillo. Adicionalmente, hemos colocado cuatro salidas fluorescentes compactas distribuidas uniformemente en el áera mayor, cada una de 23 W, a una tensión de 127 V. Como estas lámparas se van a controlar desde tres puntos, se requieren tres apagadores de escalera, dos de tres vías y uno de cuatro vías. Por requerimientos del usuario se ha colocado un contacto dúplex en tres de las paredes de esta área, para facilidad de conexión de pequeños aparatos domésticos. En la figura 4.13, ilustramos la ubicación de estas cargas.

Comedor, área AO15

En esta área hemos colocado cuatro salidas fluorescentes compactas distribuidas uniformemente cada una de 23 W, a una tensión de 127 V. Como estas lámparas se van a controlar desde dos puntos, se requiere de dos apagadores de escalera de tres vías. Por requerimientos del usuario se ha colocado un contacto dúplex en tres de las paredes de cada área, para facilidad de conexión de pequeños aparatos domésticos. En la figura 4.14, ilustramos la ubicación de estas cargas.

Cocina, área AO16

En esta área hemos colocado cuatro salidas fluorescentes compactas distribuidas uniformemente, cada una de ellas de 23 W, a una tensión de 127 V, controlada por un apagador sencillo. Adicionalmente, en la alacena hemos colocado una salida fluorescente compacta de 23 W, a una tensión de 127 V, controlada por un apagador sencillo. Por requerimientos del usuario se han colocado cuatro contactos con interruptor de falla a tierra, en tres de las paredes de esta área, para facilidad de conexión de pequeños aparatos electrodomésticos. En la figura 4.15, ilustramos la ubicación de estas cargas.

Notas de la NOM-001-SEDE-2012:

El artículo 210-8, inciso a), subinciso 6) indica que cuando los receptáculos o contactos estén instalados en la superficie del mueble de cocina, deben ofrecer protección a personas mediante interruptor con protección de falla a tierra.

El artículo 210-8, inciso a), subinciso 7) indica que cuando los receptáculos o contactos estén instalados para servir aparatos eléctricos ubicados en las barras y situados a menos de 1,80 m del borde exterior del fregadero o superficie metálica que esté en contacto con el mismo deben ofrecer protección a las personas mediante interruptor con protección de falla a tierra.

Patio de servicio, área AO17

Para alumbrar este patio, por requerimiento del usuario, ubicamos un arbotante fluorescente compacta intemperie de 23 W, a una tensión monofásica de 127 V. En esta área está colocada la cisterna y se tiene una bomba para llenar el tinaco que se encuentra sobre el techo del comedor. La bomba es monofásica de ½ caballo, para 127 Volts. En la figura 4.16, se muestra la ubicación de estas cargas.

Cálculo de corriente por carga o salida

Para determinar la corriente que consume cada salida o carga, se necesita conocer su potencia aparente en VA (volt-amperes). Con la potencia aparente podemos calcular la corriente empleando las fórmulas 2.12 ó 2.13 de la sección *Potencia real y potencia aparente en circuitos de corriente alterna*, de la página 57.

Algunos equipos indican en su información técnica, o en placa de datos, la corriente que consumen, lo que nos puede ahorrar el cálculo (en tabla 1 se presenta una lista con la corriente aproximada que consumen los aparatos eléctricos empleados en el hogar). Y en el caso de los motores, la NOM-001-SEDE-2012 proporciona las tablas 430-248, 430-249 y 430-250, para determinar la corriente. Al final de esta sección se encuentra una copia de estas tablas. De acuerdo con esto, a continuación vamos a determinar la corriente que consume cada salida o carga:

Motores

La corriente que consume la bomba monofásica de ½ HP a 127 Volts, que se encuentra en el patio área AO17, de acuerdo con la tabla 430-248 de la NOM-001-SEDE-2012, es de 8,9 A.

Salidas fluorescentes compactas

En las salidas fluorescentes compactas como con las salidas de centro fluorescentes compactas y los arbotantes flurescentes compactos, empleamos la fórmula 2.11 de la página 57, para calcular la potencia aparente. Como el factor de potencia para estas lámparas es igual a 1, la potencia aparente es igual a la potencia real en watts, por lo tanto la potencia aparente para cada salida fluorescente compacta es igual a 23 VA. Con este valor y con la fórmula 2.12 de la página 57, calculamos la corriente.

$$I = \frac{23\ (VA)}{127\ (V)} = 0{,}18\ A \approx 0{,}2\ A$$

Tabla 1
Corriente consumida por aparatos eléctricos empleados en el hogar a 127 volts (excepto donde se indica otro voltaje)

Aparato	Amperes	Aparato	Amperes
Aire acondicionado central	21 (240 volts)	Secadora de pelo	5 a 10
Aire acondicionado de ventana	6 a 13	Calentador portátil	7 a 12
Licuadora	2 a 4	Horno de microondas	6 a 13
Parrilla	12,5	Horno o estufa de cocina	16 a 32 (240 volts)
Abrelatas	1,2	Refrigerador	7 a 15
Sierra circular	10 a 12	Acanalador Router	8
Cafetera	4 a 8	Lijadora portátil	2 a 5
Secador de ropa	16,5 a 34 (240 volts)	Lijadora de mesa	7 a 10
Plancha	9	Máquina de coser	1
Computadora	4 a 7	Estéreo	2,5 a 4
Lavaplatos	8,5 a 12,5	Televisión blanco y negro	2
Taladro portátil	2 a 8	Televisión a color	2,5
Ventilador de techo	3,5	Tostador	9
Ventilador portátil	2	Empacador de basura	4 a 8
Congelador	2 a 4	Aspiradora	6 a 11
Sartén eléctrico	9	Wafflera	7,5
Horno, gas a presión	6,5 a 13	Lavadora	13
Triturador de basura	3,5 a 7,5	Calentador de agua	10,5 a 21 (240 volts)
Molino de carne	10	Regulador de voltaje	5 a 10

Para identificar los tipos de circuitos que se tomarán en cuenta para el diseño de la instalación eléctrica de una unidad de vivienda, presentamos a continuación el artículo 210-11. Circuitos derivados requeridos, inciso c) Unidades de vivienda, de la NOM-001-SEDE-2012.

210-11. Circuitos derivados requeridos. c) Unidades de vivienda.

1) Circuitos derivados para aparatos pequeños. Además del número de circuitos derivados exigidos en otras partes de esta sección, se deben instalar dos o más circuitos derivados de 20 amperes para aparatos pequeños, para los contactos especificados en 210-52 (b).

2) Circuitos derivados para lavadora. Además del número de circuitos derivados exigidos en otras partes de esta sección, se debe instalar al menos un circuito derivado de 20 amperes para alimentar los contactos de la lavadora que se exigen en 210-52 (f). Este circuito no debe tener otras salidas.

3) Circuitos derivados para cuartos de baño. Además del número de circuitos derivados exigidos en otras partes de esta sección, se debe instalar al menos un circuito derivado de 20 amperes para alimentar los contactos del cuarto de baño. Estos circuitos no deben tener otras salidas.

Excepción 1: Esta subsección (c), no es aplicable a unidades de vivienda popular de hasta 60 m^2.

A continuación se menciona lo que indican los artículos 210-52, inciso b) y 210-52, inciso f), mencionados en el párrafo anterior:
El artículo 210-52, inciso b), establece que en cada cuarto de cocina, despensa, desayunador, sala de estar, sala, salón, biblioteca, cuarto de estudio, solario, comedor, recibidor, vestíbulo, biblioteca, terraza, recámara, cuarto de recreo o cualquier habitación similar se deben instalar dos o más circuitos derivados de 20 amperes para aparatos pequeños, esto incluye a las salidas de contactos para equipos de refrigeración.
El artículo 210-52, inciso f), establece que en las unidades de vivienda se debe instalar como mínimo una salida de contacto para la lavadora.

Contactos o receptáculos de uso general

Los contactos para uso general se consideran como de 180 VA cada uno. Si son contactos múltiples en una misma placa, también se considera el conjunto como de 180 VA. Esto cubre a todos los contactos de las áreas que no sean habitaciones, como patios, cocheras, jardines, baños, etc. En este caso, como la vivienda es mayor a 60m^2 , los contactos de los baños deberán de estar instalados en un circuito derivado independiente de 20A, tal y como lo indica el artículo 210-11, inciso c), subinciso 3), mencionado en parrafos anteriores. La corriente requerida por cada contacto empleando la fórmula 2.12 de la página 57, es de:

$$I = \frac{180\ (VA)}{127\ (V)} = 1{,}5\ A$$

Notas de la NOM-001-SEDE-2012:

La sección 220-14, ***Otras cargas para todo tipo de construcciones,*** inciso i) ***Salidas para contactos,*** indica que para las salidas de contactos se deben considerar cuando menos de 180 voltamperes para cada contacto sencillo o múltiple instalado en el mismo yugo. Un contacto múltiple compuesto de cuatro o más contactos, se debe calcular con no menos de 90 voltamperes por cada contacto. Esta disposición no se debe aplicar a salidas para contactos especificadas en el artículo 210-11 iniciso c), subinciso 1), subinciso 2) y subinciso 3), ubicados en la cocina, desayunador, comedor, sala o áreas similares en las unidades de vivienda (incluyendo el cuarto de lavado de ropa y el equipo de refrigeración en cocinas), a los cuales probablemente se conecten aparatos eléctricos mayores a 3 A. Tampoco aplica para los receptáculos de uno o más circuitos derivados independientes de 20 A, empleados para conectar las salidas de lavadoras, requeridos por la sección 210-11, inciso *c*), subinciso 2) de la NOM- 001-SEDE-2012.

Contactos o receptáculos para pequeños aparatos eléctricos

El diseño de los circuitos de pequeños aparatos eléctricos, debe cumlir con lo establecido en los artículos 210-11 inciso c), subinciso 1) y 210-52, inciso b), de la NOM-001-SEDE-2012, los cuales se mencionaron en párrafos anteriores. En estos circuitos se considerarán los contactos en donde se van a conectar pequeños aparatos eléctricos que demanden más de 3 A, por lo que, para cada uno de estos receptáculos vamos a considerar una carga de 4 A.

Contacto para lavadora

El diseño del circuito de lavadora debe cumplir lo establecido en los artículos 210-11, inciso c), subinciso 2) y 210-52, inciso f), de la NOM-001-SEDE-2012, los cuales se mencionaron anteriormente. Para este circuito, de acuerdo a la tabla 1, vamos a considerar una corriente de 13 A.

Contacto para horno de microondas

Debido a la alta corriente que consume, es recomendable emplear un circuito derivado independiente para el horno de microondas. Para este circuito, de acuerdo con la tabla 1, vamos a considerar una corriente de 13 A.

Contactos para cuartos de baños

La sección 210-11, inciso c), subinciso 3), de la NOM-001-SEDE-2012, requiere se instale al menos un circuito derivado de 20 A para alimentar los contactos del cuarto de baño. Debido a que el área de la vivienda de este ejemplo es mayor a 60 m^2, y de acuerdo al artículo mencionado anteriormente, vamos a tomar en cuenta los contactos de los cuartos de baño en un circuito derivado de 20 A y una carga de 4 A para cada contacto ubicado en estas áreas.

Tabla 430-248
Corriente a plena carga de motores monofásicos de corriente alterna

Los siguientes valores de corriente a plena carga corresponden a motores que funcionan a la velocidad usual y motores con características normales de par. Las tensiones listadas son las nominales de los motores. Las corrientes listadas deben utilizarse para sistemas de tensiones nominales. de 110 a 120 volts y de 220 a 240 volts.

kW	CP	115 V	127 V	208 V	230 V
0,12	1/6	4,4	4,0	2,4	2,2
0,19	¼	5,8	5,3	3,2	2,9
0,25	⅓	7,2	6,5	4	3,6
0,37	½	9,8	8,9	5,4	4,9
0,56	¾	13,8	11,5	7,6	6,9
0,75	1	16	14,0	8,8	8
1,12	1-½	20	18,0	11	10
1,50	2	24	22,0	13,2	12
2,25	3	34	31,0	18,7	17
3,75	5	56	51,0	30,8	28
5,60	7-½	80	72,0	44	40
7,50	10	100	91,0	55	50

Tabla 430-249
Corriente a plena carga para motores de dos fases de corriente alterna (4 hilos)

Los siguientes valores de corriente a plena carga corresponden a motores que funcionan a las velocidades usuales de motores con correas bandas y a motores con características normales de par. La corriente en el conductor común de un sistema de dos fases de 3 hilos será de 1.41 veces el valor dado. Las tensiones relacionadas son las nominales de los motores. Las corrientes enumeradas se permitirán para sistemas con intervalos de tensión de 110 a 120 volts, 220 a 240 volts, 440 a 480 volts y 550 a 600 volts.

kW	hp	Tipo de inducción de jaula de ardilla y de rotor devanado				
		115 Volts	230 Volts	460 Volts	575 Volts	2 300 Volts
		Amperes				
0,37 0,56 0,75	½ ¾ 1	4 4,8 6,4	2 2,4 3,2	1 1,2 1,6	0,8 1,0 1,3	—— —— ——
1,12 1,5 2,25	1 ½ 2 3	9 11,8 ——	4,5 5,9 8,3	2,3 3 4,2	1,8 2,4 3,3	—— —— ——
3,75 5,6 7,5	5 7 ½ 10	—— —— ——	13,2 19 24	6,6 9 12	5,3 8 10	—— —— ——
11,2 14,9 18,7	15 20 25	—— —— ——	36 47 59	18 23 29	14 19 24	—— —— ——
22,4 29,8 37,3	30 40 50	—— —— ——	69 90 113	35 45 56	28 36 45	—— —— ——
44,8 56 75	60 75 100	—— —— ——	133 166 218	67 83 109	53 66 87	14 18 23
93 120 149	125 150 200	—— —— ——	270 312 416	135 156 208	108 125 167	28 32 43

Tabla 430-250
Corriente a plena carga de motores trifásicos de corriente alterna

"Los siguientes valores de corrientes de plena carga son típicos para motores que funcionan a las velocidades usuales de motores con bandas y motores con características normales de par.

Las tensiones enumeradas son las nominales de los motores. Las corrientes enumeradas se permitirán para sistemas con intervalos de tensión de 110 a 120 volts, 220 a 240 volts, 440 a 480 volts y 550 a 600 volts".

kW	hp	Tipo de inducción jaula de ardilla y rotor devanado (amperes)							Tipo síncrono de factor de potencia unitario* (amperes)			
		115 Volts	200 Volts	208 Volts	230 Volts	460 Volts	575 Volts	2300 Volts	230 Volts	460 Volts	575 Volts	2300 Volts
0,37	½	4,4	2,5	2,4	2,2	1,1	0,9	___	___	___	___	___
0,56	1	6,4	3,7	3,5	3,2	1,6	1,3	___	___	___	___	___
0,75		8,4	4,8	4,6	4,2	2,1	1,7	___	___	___	___	___
1,12	1 ½	12	6,9	6,6	6	3	2,4	___	___	___	___	___
1,5	2	13,6	7,8	7,5	6,8	3,4	2,7	___	___	___	___	___
2,25	3	___	11	10,6	9,6	4,8	3,9	___	___	___	___	___
3,75	5	___	17,5	16,7	15,2	7,6	6,1	___	___	___	___	___
5,6	7 ½	___	25,3	24,2	22	11	9	___	___	___	___	___
7,5	10	___	32,2	30,8	28	14	11	___	___	___	___	___
11,2	15	___	48,3	46,2	42	21	17	___	___	___	___	___
14,9	20	___	62,1	59,4	54	27	22	___	___	___	___	___
18,7	25	___	78,2	74,8	68	34	27	___	53	26	21	___
22,4	30	___	92	88	80	40	32	___	63	32	26	___
29,8	40	___	120	114	104	52	41	___	83	41	33	___
37,3	50	___	150	143	130	65	52	___	104	52	42	___
44,8	60	___	177	169	154	77	62	16	123	61	49	12
56	75	___	221	211	192	96	77	20	155	78	62	15
75	100	___	285	273	248	124	99	26	202	101	81	20
93	125	___	359	343	312	156	125	31	253	126	101	25
112	150	___	414	396	360	180	144	37	302	151	121	30
150	200	___	552	528	480	240	192	49	400	201	161	40
187	250	___				302	242	60	___	___	___	___
224	300	___	___	___	___	361	289	72	___	___	___	___
261	350	___	___	___	___	414	336	83	___	___	___	___
298	400	___				477	382	95	___	___	___	___
336	450	___	___	___	___	515	412	103	___	___	___	___
373	500	___	___	___	___	590	472	118	___	___	___	___

Para factores de potencia de 90 por ciento y 80 por ciento, las cifras anteriores se deben multiplicar respectivamente por 1.10 y 1.25

Determinación de las cargas totales

Con base en las secciones 210-11y 220 parte B, de la NOM-001-SEDE-2012, los circuitos derivados se pueden dividir en los siguientes tipos, de acuerdo con el tipo de carga que alimentan:

- Circuitos de alumbrado general.
- Circuitos para otras cargas como: aparatos específicos, motores, elementos de alumbrado empotrados, elementos de alumbrado para trabajo pesado, rieles de alumbrado, alumbrado para anuncios y de realce y otras salidas.
- Circuitos de 20 A para pequeños aparatos eléctricos en unidades de vivienda.
- Circuitos de 20 A para lavadoras en unidades de vivienda.
- Circuitos de 20 A para de cuartos de baño en unidades de vivienda.

Para conocer las cargas totales por tipo de circuito derivado, vamos a elaborar unas tablas, especificando por área de ocupación las cargas o salidas y la corriente que consumen.

Circuitos de alumbrado general

Debido a los especificado en la sección 220-14(j), de la NOM-001-SEDE-2012, los contactos que serán parte del alumbrado general, para este ejemplo serán, los contacto que se encuentran en la cochera y uno de los contactos que se encuentran en el área del pasillo uno y cuarto de lavado. El otro contacto que se encuentra en el aréa de pasillo uno y lavado sera destinado para conectar la lavadora. Una excepción a la regla anterior son los receptáculos de los circuitos de 20 A para pequeños aparatos eléctricos, en unidades de vivienda; y los receptáculos de los circuitos de 20 A para lavadoras, en unidades de vivienda.

Tabla 2
Número de salidas y cargas totales

Área de ocupación						
Patio frontal AO1	1	4				
Cochera AO2	3			2		
Pasillo 1 y cuarto de lavado AO3	2			2		
Baño común AO4	1			1		
Guardarropa 1 AO5	1					
Guardarropa 2 AO6	1					
Recámara AO7	2		3			
Recámara 2 AO8	2		3			
Guardarropa 3 AO9	1					
Pasillo 2 AO10	2		1			
Recámara principal AO11	2		3			
Guardarropa principal AO12	1					
Baño principal A013	2			1		
Sala de descanso AO14	5		1		2	
Comedor AO15	4		3			
Cocina AO16	5			4		
Patio de servicio AO17		1				1
TOTAL	**35**	**5**	**14**	**10**	**2**	**1**

Circuitos para alumbrado general

Tabla 3
Número de salidas y cargas considerdas como alumbrado general

Área de ocupación	0,2 [A]	0,2 [A]	1,5 [A]	1,5 [A]	TOTAL [A]
Patio frontal AO1					[A]
Cochera AO2	3			2	3,6
Pasillo y cuarto de lavado AO3	2			1	1,9
Baño común AO4	1				0,2
Guardarropa 1 AO5	1				0,2
Guardarropa 2 AO6	1				0,2
Recámara AO7	2				0,4
Recámara 2 AO8	2				0,4
Guardarropa 3 AO9	1				0,2
Pasillo 2 AO10	2		1		1,9
Recámara principal AO11	2				0,4
Guardarropa principal AO12	1				0,2
Baño principal AO13	2				0,4
Sala de descanso AO14	5				1
Comedor AO15	4				0,8
Cocina AO16	5				1
Patio de servicio AO16		1			0,2
SUBTOTAL	**7**	**1**	**1,5**	**4,5**	**14**
	TOTAL AJUSTE POR CARGA CONTINUA				**(14)(1,25)=17,5**

Para obtener la carga por área de ocupación se multiplica el número de elementos de cada área por la corriente considerada para cada uno, por ejemplo: Cochera = 3 x 0,2 A + 2 x 1,5 A = 3,6 A

De acuerdo con la Norma Oficial de Instalaciones Eléctricas, debemos cumplir con una carga mínima para alumbrado, la cual está en función de las dimensiones exteriores de la vivienda.

Para nuestro ejemplo debemos recordar que estamos hablando de una casa habitación de una planta, la cual tiene un ancho de 16,30 m, y un largo de 12,55 m. Para efectos de los cálculos de las cargas de alumbrado el área total de la vivienda es de: 16,30 m x 12,55 m = 204 m^2.

Aplicando los valores indicados en la tabla 220-12, de la NOM-001-SEDE-2012, para el cálculo de la carga de alumbrado mínima, resulta 204 m2 x 33 m2 = 6732 VA.

La corriente total calculada, conforme al número de lámparas y contactos que instalamos en la vivienda, es de 17,5 A. Pasando esta corriente a unidades de potencia aparente tenemos: 17,5 A x 127 V = 2222,5 VA.

La carga unitaria del ejemplo resulta de un valor menor al indicado en la tabla 220-12 debido a que se estan considerando lamparas fluorescentes compactas.

Notas de la NOM-001-SEDE-2012:

En la sección 220-12, de la NOM-001-SEDE-2012, se establece que la carga mínima de alumbrado por cada metro cuadrado de superficie del piso no debe ser inferior a la especificada en la tabla que aparece a continuación para los edificios indicados en la misma. La superficie del piso de cada planta se debe calcular a partir de las dimensiones exteriores del edificio, unidad de vivienda u otras zonas afectadas. Para las unidades de vivienda, la superficie calculada del piso no debe incluir los patios abiertos, las cocheras ni los espacios utilizados o sin terminar, que no sean adaptables para su uso futuro.

Tabla 220-12.- Cargas de alumbrado general por tipo del inmueble

Tipo del inmueble	Carga unitaria (VA/m^2)
Bancos	39[b]
Casas de huéspedes	17
Clubes	22
Cuarteles y auditorios	11
Depósitos (almacenamiento)	3
Edificios de oficinas	39[b]
Edificios industriales y comerciales (lugares de almacenamiento)	22
Escuelas	33
Estacionamientos comerciales	6
Hospitales	22
Hoteles y moteles, incluidos apartamentos sin cocineta	22
Iglesias	11
Juzgados	22
Lugares de almacenamiento	3
Peluquerías y salones de belleza	33
Restaurantes	22
Tiendas	33
Unidades de vivienda [a]	33
En cualquiera de las construcciones anteriores, excepto en viviendas unifamiliares y unidades individuales de vivienda bifamiliares y multifamiliares:	
• Vestíbulo, armarios, closets, escaleras.	6
• Lugares de reunión y auditorios	11
• Bodegas	3
[a] Ver 220-14(j) [b] Ver 220-14(k)	

Circuitos para otras cargas como: aparatos específicos, motores, elementos de alumbrado empotrados, elementos de alumbrado para trabajo pesado, rieles de alumbrado, alumbrado para anuncios y de realce y otras salidas.

Dentro de este tipo de circuitos tenemos al motor de la bomba de agua y al horno de microondas de la cocina.

Tabla 4
Número de salidas y cargas para circuitos de otras cargas

Área de ocupación	13 [A]	8,9 [A]	TOTAL [A]
Cocina AO16	1		13
Patio de servicio AO17		1	8,9
SUBTOTAL	**13**	**8,9**	
TOTAL			**21,9**

Para obtener la carga por área de ocupación se multiplica el número de elementos de cada área por la corriente considerada para cada uno, por ejemplo: Cocina =1 x 13 A = 13 A

Circuitos de 20 A para pequeños aparatos eléctricos en unidades de vivienda

En nuestro ejemplo la casa habitación cuenta con una sala de descanso, un comedor, una cocina y tres recamaras donde se pueden conectar pequeños aparatos eléctricos de más de 3 A

Tabla 5
Número de salidas y cargas para circuitos de 20 A
para pequeños aparatos eléctricos en unidades de vivienda

Área de ocupación	4 [A]	4 [A]	4 [A]	15 [A]	TOTAL [A]
Recámara 1 AO7	3				12
Recámara 2 AO8	3				12
Recámara principal AO11	3				12
Sala de descanso AO14	1		2		12
Comedor AO15	3				12
Cocina AO16		2		1	23
SUBTOTAL	**52**	**8**	**8**	**15**	
TOTAL					**83**

Para obtener la carga por área de ocupación se multiplica el número de elementos de cada área por la corriente considerada para cada uno, por ejemplo: Sala de descanso = 1 x 4 A + 2 x 4 A = 12 A

Circuitos de 20 A para lavadoras en unidades de vivienda

En nuestro ejemplo requerimos un circuito derivado independiente de 20 A para conectar las salidas para receptáculos de lavadoras.

Tabla 6
Número de salidas en circuitos de 20 A para lavadoras en unidades de vivienda

Área de ocupación	13 [A]	TOTAL [A]
Pasillo y cuarto de lavado AO3	1	13
SUBTOTAL	**13**	
TOTAL		**13**

Para obtener la carga del área de ocupación se multiplica el número de contactos por la corriente considerada: 1 x 13 A = 13 A

Circuitos derivados de 20 A para cuartos de baño en unidades de vivienda.

En nuestro ejemplo requerimosun circuito derivado independiente de 20 A para conectar las salida para receptáculos de los cuartos de baño.

Tabla 7
Número de salidas en circuitos de 20 A para cuartos de baño en unidades de vivienda

Área de ocupación	4 [A]	TOTAL [A]
Baño común AO4	1	4
Baño principal AO13	1	4
SUBTOTAL	**8**	
TOTAL		**8**

Nota. En las unidades de vivienda de hasta 60 m², no es necesario separar los contactos para cuartos de baño en un circuitos derivado exclusivo y podrán quedar en circuitos de alumbrado general.

Para obtener la carga por área de ocupación se multiplica el número de contactos de cada área por la corriente considerada para cada uno, por ejemplo: Baño común = 1 x 4 A = 4 A

Diseño de los circuitos derivados de la instalación y sus protecciones

La sección 210-3 de la NOM-001-SEDE-2012, indica que la clasificación o capacidad nominal de los circuitos derivados está dada por su capacidad de conducción de corriente máxima, o por el valor nominal o de ajuste del dispositivo de sobrecorriente que protege a dicho circuito. La capacidad nominal de los circuitos derivados que no sean individuales (que alimentan más de una carga o salida) debe ser de 15 hasta 50 A.
La sección 210-19, inciso a), subinciso 1), de la NOM-001-SEDE-2012 inidca que la capacidad nominal del circuito derivado, en amperes, no debe ser inferior a la carga no continua (una carga no continua es la que opera ocasionalmente), más el 125% de la carga continua (una carga continua es aquella en la que se espera que la corriente eléctrica máxima continúe circulando durante tres horas o más).

Con objeto de aclarar lo anterior, a continuación lo expresamos en la siguiente fórmula:

$$CD \geq NC + 1{,}25\ c.d. \qquad (4.1)$$

Donde:

CD = Capacidad nominal del circuito derivado, en amperes.

NC = Suma de las corrientes de las cargas no continuas que alimentan el circuito derivado, en amperes.

c.d. = Suma de las corrientes de las cargas continuas que alimentan el circuito derivado, en amperes.

En una unidad de vivienda se consideran como cargas continuas:

- El alumbrado general.
- Los motores de trabajo constante, como la bomba de agua.
- Cualquier otra carga que vaya a operar con su corriente máxima por periodos mayores o iguales a tres horas.

En nuestro ejemplo, las únicas cargas continuas que tenemos son el alumbrado general y la bomba para agua.

Los circuitos deben estar protegidos contra sobrecorriente por medio de un dispositivo cuya capacidad nominal no exceda a la capacidad de conducción de corriente del circuito, en amperes (véase sección 240-3, de la NOM-001-SEDE-2012.

La tabla 210-24, de la NOM-001-SEDE-2012, indica las siguientes características para los circuitos derivados de 15 A a 50 A.

Resumen de requisitos de los circuitos derivados

Clasificación de circuito (A)	15	20	30	40	50
Conductores (tamaño o designación nominal mínimo mm²–AWG):					
Conductores del circuito*	2,08(14)	3,31(12)	5,26(10)	8,37(8)	13,3(6)
Derivaciones	2,08(14)	2,08(14)	2,08(14)	3,31(12)	3,31(12)
Cables y cordones de artefactos eléctricos, véase 240-4					
Protección contra sobrecorriente (A)	15	20	30	40	50
Dispositivos de salida:					
Portalámparas permitidos	De cualquier tipo	De cualquier tipo	Servicio pesado	Servicio pesado	Servicio pesado
Valor nominal del receptáculo**	15 A máx.	15 A o 20 A	30 A	40 A o 50 A	50 A
Carga máxima, en amperes (A)	15	20	30	40	50
Carga permisible	Véase 210-23(a)	Véase 210-23(a)	Véase 210-23(b)	Véase 210-23(c)	Véase 210-23(c)

* Estos tamaños se refieren a conductores de cobre.
** Para la capacidad de conducción de corriente de los artefactos eléctricos de alumbrado por descarga conectados con cordón y clavija, véase 410-62(c).

Tomando en cuenta lo anterior, y dado que nuestra vivienda tiene un área de 204.5 m², a continuación vamos a determinar los circuitos derivados y sus protecciones para cada uno de los siguientes tipos de circuitos:

- Circuitos de alumbrado general.
- Circuitos para otras cargas como: aparatos específicos, motores, elementos de alumbrado empotrados, elementos de alumbrado para tabajo pesado, rieles de alumbrado, alumbrado para anuncios y de realce y otras salidas.
- Circuitos de 20 A para pequeños paratos eléctricos en unidades de vivienda.
- Circuitos de 20 A para lavadoras en unidades de vivienda.
- Circuitos de 20 A para cuartos de baño en unidades de vivienda.

Circuitos derivados de alumbrado general

En el apartado de la página 152 de este documento, incluimos a todos los receptáculos de nuestro ejemplo en los circuitos de alumbrado general, menos a los receptáculos de los circuitos de 20A para pequeños aparatos eléctricos, a los receptáculos de los circuitos de 20 A para lavadoras, a los receptáculos de los circuitos de 20 A para cuartos de baño y al receptáculo de la cocina para el horno de microondas.

Esto es debido a que en la sección 220-14(j) de la NOM-SEDE-2012 se indica que todas las salidas para receptáculos de uso general de 20 A nominales o menos, en unidades de vivienda unifamiliares (una sola casa), bifamiliares (una casa dúplex) y multifamiliares (conjunto de varias casas), y en los cuartos de hoteles y moteles, se deben considerar tomas (salidas) para alumbrado general, excepto los receptáculos de los circuitos de 20 A para pequeños aparatos eléctricos, en unidades de vivienda, y los receptáculos de los circuitos de 20 A para lavadoras, en unidades de vivienda, y los receptáculos para otras cargas.

Los receptáculos comerciales de uso general para unidades de vivienda son de 15 A o 20 A. Para nuestro ejemplo vamos a considerar circuitos de 15 A y 20 A para las cargas y salidas de alumbrado general, por lo mencionado en el párrafo anterior y porque, de acuerdo con la tabla de resumen de los requisitos de circuitos derivados que presentamos, los receptáculos de 15 A sólo se pueden instalar en circuitos de 15 A o 20 A y los receptáculos de 20 A sólo se pueden instalar en circuitos de 20 A.

Tomando en cuenta esto, definimos los siguientes circuitos derivados para alumbrado general:

Tabla 8
Circuito derivado No. 1 alumbrado general

Área de ocupación	No. de cargas o salidas			TOTAL [A]
	0.2 [A]	0.2 [A]	1.5 [A]	
Patio frontal AO1	1	4		1
Cochera AO2	3		2	3.6
Pasillo y cuarto de lavado AO3	2		1	1.9
Sala de descanso AO14	5			1
Comedor AO15	4			0.8
Cocina AO16	5			1
Patio de servicio AO17		1		0.2
TOTAL				**9.5**
CAPACIDAD MÍNIMA DEL CIRCUITO POR AJUSTE POR CARGA CONTINUA				**(9.5) (1.25) = 11.87**

Para obtener la carga por área de ocupación se multiplica el número de elementos de cada área por la corriente considerada para cada uno, por ejemplo: Cochera = 3 x 0,2 A + 2 x 1,5 A = 3,6 A

Para este circuito escogemos una capacidad nominal de 15 A. De acuerdo con la tabla 210-24 de la NOM-001-SEDE-2012, este circuito debe tener un interruptor contra sobrecorriente de 15 A, En la figura 4.17 se muestran las canalizaciones que se van a emplear para este circuito, y se indican sus dimensiones horizontales.

Tabla 9
Circuito derivado No. 2 alumbrado general

Área de ocupación	No. de cargas o salidas		TOTAL [A]
	0.2 [A]	0.2 [A]	
Baño común AO4	1		0.2
Guardarropa 1 AO5	1		0.2
Guardarropa 2 AO6	1		0.2
Recámara 1 AO7	2		0,4
Recámara 2 AO8	2		0.4
Guardarropa 3 AO9	1		0.2
Pasillo 2 AO10	2	1	1.9
Recámara principal AO11	2		0.4
Guardarropa principal AO12	1		0.2
Baño principal AO13	2		0.4
TOTAL			**4.5**
CAPACIDAD MÍNIMA DEL CIRCUITO POR AJUSTE POR CARGA CONTINUA			**(4.5) (1.25)= 5.62**

Para obtener la carga por área de ocupación se multiplica el número de elementos de cada área por la corriente considerada para cada uno, por ejemplo: Pasillo 2 = 2 x 0,2 A + 1 x 1,5 A = 1,9 A

Para este circuito escogemos una capacidad nominal de 15 A. De acuerdo con la tabla 210-24 de la NOM-001-SEDE-2012, este circuito debe tener un interruptor contra sobrecorriente de 15 A, En la figura 4.18 se muestran las canalizaciones que se van a emplear para este circuito, y se indican sus dimensiones horizontales.

Circuitos derivados para otras cargas como: aparatos específicos, motores, elementos de alumbrado empotrados, elementos de alumbrado para trabajo pesado, rieles de alumbrado, alumbrado para anuncios y de realce y otras salidas

Para este tipo de circuitos tenemos dos cargas: la bomba para agua y el horno de microondas. Como se mencionó anteriormente, es conveniente tener un circuito independiente para el horno de microondas, por lo que debemos contar con otro circuito independiente para la bomba para agua.

Tabla 10
Circuito derivado No. 3 otras cargas

Área de ocupación	No. de cargas o salidas	TOTAL [A]
	13 [A]	
Cocina (Honor de Microondas) AO16	1	13
TOTAL		**13**
CAPACIDAD MÍNIMA DEL CIRCUITO		**13**

Para obtener la carga del área de ocupación se multiplica el número de contactos por la carga considerada: 1 x 13 A = 13 A

Como la capacidad nominal comercial, inmediata superior, de los interruptores para sobrecorriente es de 15 A, seleccionamos esta capacidad para este circuito derivado y para su protección contra sobrecorriente. En la figura 4.19 se muestran las canalizaciones que se van a emplear para este circuito, y se indican sus dimensiones horizontales.

Tabla 11
Circuito derivado No. 4 otras cargas

Área de ocupación	No. de cargas o salidas M 8.9 [A]	TOTAL [A]
Patio de servicio AO17	1	8.9
TOTAL		**8.9**
CAPACIDAD MÍNIMA DEL CIRCUITO POR ARRANQUE DE MOTOR		**(8.9) (1.25) = 11.12**

Para obtener la carga del área de ocupación se multiplica el número de motores por la corriente considerada: 1 x 8,9 A = 8,9 A

La sección 430-22, incio a), de la NOM-001-SEDE-2012, indica que los conductores del circuito derivado para suministrar energía eléctrica a un solo motor deben tener una capacidad de conducción de corriente no menor a 125% de la corriente eléctrica nominal (de plena carga del motor). Por lo tanto, la capacidad de conducción de corriente de este circuito debe ser al menos de 11,1 A.

Nota de la NOM-001-SEDE-2012:

La sección 430-24 menciona que los conductores que suministren energía eléctrica a varios motores-o a motores y otras cargas- deben tener una capacidad de conducción de corriente no menor a la suma de: 1) 125 % de la corriente nominal de plena carga del motor con el valor nominal más alto, 2) Más la suma de las corrientes nominales de plena carga de todos los otros motores del grupo, 3) La corriente de las cargas no continuas que no son motores, 4) Más el 125 % de las cargas continuas que no son motores. El significado de esto se representa en la siguiente fórmula:

$$\mathbf{CCC \geq 1{,}25\ I_{MOTORMAYOR} + I_{MOTOR} + I_{OTRAS\ CARGAS\ NO\ CONTINUAS} + 1{,}25\ I_{OTRAS\ CARGAS\ CONTINUAS}}$$

Donde:
CCC = Capacidad de conducción de corriente del conductor que alimenta a los motores y otras cargas, en amperes
I_{MOTOR} = Corriente eléctrica a plena carga de cada motor, en amperes
$I_{MOTORMAYOR}$ = Corriente eléctrica a plena carga del motor mayor, en amperes
$I_{OTRAS\ CARGAS}$ = Suma de las corrientes eléctricas de todas las otras cargas, en amperes

Para la selección de la protección contra sobrecorriente, los circuitos de motores representan un caso particular, ya que requieren de protección contra cortocircuito o falla a tierra; y también contra sobrecarga.

De acuerdo con la sección 430-52 , de la NOM-001-SEDE-2012, la capacidad nominal o ajuste del dispositivo de protección contra cortocircuito o falla a tierra, para circuitos de un solo motor, no debe exceder los valores de la tabla 430-52 de dicha norma, la cua reproducimos a continuación. Sin embargo, cuando los valores determinados por la tabla 430-52 no correspondan a los tamaños o capacidades nominales comerciales de: fusibles, interruptores automáticos no ajustables, interruptores automáticos ajustables o dispositivos térmicos de protección, se permite que el tamaño, capacidad o ajuste sea el inmediato superior. También, cuando los valores especificados por la tabla 430-52 no son suficientes para la corriente eléctrica de arranque del motor, se debe usar un dispositivo de protección de mayor capacidad disponible en el mercado.

Tabla 430-52
Ajuste máximo de los dispositivos de protección contra cortocircuito y falla a tierra para circuitos derivados de motores

Tipo de motor	Por ciento de la corriente eléctrica a plena carga			
	Fusible sin retardo de tiempo[1]	Fusible de dos elementos[1] (con retardo de tiempo)	Interruptor automático de disparo instantáneo	Interruptor automático de tiempo inverso[2]
Motores monofásicos	300	175	800	250
Motores polifásicos de corriente alterna distintos a los de rotor devanado	300	175	800	250
De jaula de ardilla: diferentes de los de diseño B energéticamente eficientes	300	175	800	250
Ddiseño B energéticamente eficientes	300	175	1 100	250
Sincrónicos [3]	300	175	800	250
Con rotor devanado	150	150	800	150
De corriente continua (tensión constante)	150	150	250	150

Para algunas excepciones a los valores especificados, ver 430-54.
[1] Los valores de la columna fusible sin retardo de tiempo se aplicana fusibles de Clase CC de acción retardada.
[2] Los valores última columna también cubren los valores nominales de los interruptores automáticos de tiempo inverso no ajustables, que se pueden modificar como se describe en 430-52 (c) (1), Excepción 1 y 2.
[3] Los motores síncronos de bajo par y baja velocidad (usualmente 450 rpm o menos), como los utilizados para accionar compresores alternativos, bombas, etc. que arrancan sin carga, no requieren que el valor nominal de los fusibles o el ajuste de los interruptores automáticos sea mayor al 200 por cierto de la corriente a plena carga.

Como vamos a seleccionar un interruptor termomagnético como dispositivo contra cortocircuito y falla a tierra, del circuito derivado del motor de la bomba para agua, su valor nominal máximo, con base en la tabla 430-152, es: 8,9 A x 2,5 = 22,25 A. Sin embargo, como no existe un valor comercial para esta capacidad, vamos a emplear el siguiente valor comercial que es de 20 A.

La protección contra sobrecarga de los circuitos derivados para motores se encuentra por lo general en los arrancadores, que por conveniencia se localizan lo más cerca posible del motor. Para motores de 746W (1HP) o menores, la sección 430-32, inciso b) y d) de la NOM-001-SEDE-2012, indica que este dispositivo debe seleccionarse para que desconecte o tenga como máximo su capacidad nominal de acuerdo con los siguientes porcentajes de la corriente eléctrica de placa a plena carga del motor:

Tipo de motor	Porcentaje para la selección de la protección del dispositivo contra sobrecarga
Motores con factor de servicio indicado no menor a 1,15	125
Motores con indicación de elevación de temperatura no mayor a 40 °C	125
Todos los demás motores	115

De acuerdo con lo anterior, la capacidad nominal máxima del dispositivo de protección contra sobrecarga de la bomba para agua debe ser de 8,9 A x 1,15 = 10,24 A.

Nota de la NOM-001-SEDE-2012: La sección 430-32, inciso c)

La sección 430-40, de la NOM-001-SEDE-2012, indica que cuando el relé de sobrecarga se selecciona de acuerdo con lo anterior, y no es suficiente para soportar la carga aplicada, se permite utilizar el inmediato superior disponible en el mercado, siempre que su corriente eléctrica de disparo no exceda los porcentajes de la corriente del motor operando a plena carga, indicados en la siguiente tabla:

Tipo de motor	Porcentaje para la selección de la protección del dispositivo contra sobrecarga
Motores con factor de servicio indicado no menor a 1,15	140
Motores con indicación de elevación de temperatura no mayor a 40 °C	140
Todos los demás motores	130

Adicionalmente a las protecciones que requiere el motor, vamos a usar un interruptor con protección de falla a tierra en este circuito, ya que es muy peligroso que una persona entre en contacto con el conductor vivo que alimenta a los interruptores de flotador en el tinaco y la cisterna.

En la figura 4.20 se muestran las canalizaciones que se van a emplear para este circuito, y se indican sus dimensiones horizontales.

Circuitos de 20 A para pequeños aparatos eléctricos en unidades de vivienda

Como vimos anteriormente, la NOM-001-SEDE-2012 requiere un mínimo de dos circuitos derivados de 20 A, para alimentar pequeños aparatos eléctricos. Tomando en cuenta esto, definimos los siguientes circuitos:

Tabla 12
Circuito derivado No. 5 pequeños aparatos

Área de ocupación	No. de cargas o salidas 15 [A]	TOTAL [A]
Cocina (refrigerador) AO16	1	15
TOTAL		**15**
CAPACIDAD MÍNIMA DEL CIRCUITO		**20**

Para obtener la carga del área de ocupación se multiplica el número de contactos por la corriente considerada: 1 x 15 A = 15 A

Tabla 13
Circuito derivado No. 6 pequeños aparatos

Área de ocupación	No. de cargas o salidas 4 [A]	TOTAL [A]
Recámara 1 AO7	3	12
TOTAL		**12**
CAPACIDAD MÍNIMA DEL CIRCUITO		**20**

Para obtener la carga del área de ocupación se multiplica el número de contactos por la corriente considerada: 3 x 4 A = 12 A

Tabla 14
Circuito derivado No. 7 pequeños aparatos

Área de ocupación	No. de cargas o salidas 4 [A]	TOTAL [A]
Recámara 2 AO8	3	12
TOTAL		**12**
CAPACIDAD MÍNIMA DEL CIRCUITO		**20**

Para obtener la carga del área de ocupación se multiplica el número de contactos por la corriente considerada: 3 x 4 A = 12 A

Tabla 15
Circuito derivado No. 8 pequeños aparatos

Área de ocupación	No. de cargas o salidas 4 [A]	TOTAL [A]
Recámara 2 AO11	3	12
TOTAL		**12**
CAPACIDAD MÍNIMA DEL CIRCUITO		**20**

Para obtener la carga del área de ocupación se multiplica el número de contactos por la corriente considerada: 3 x 4 =12 A

Tabla 16
Circuito derivado No. 9 pequeños aparatos

Área de ocupación	No. de cargas o salidas			TOTAL [A]
	4 [A]	4 [A]	4 [A]	
Sala de descanso AO14	1	2		12
Cocina AO16			1	4
TOTAL				**16**
CAPACIDAD MÍNIMA DEL CIRCUITO				**20**

Para obtener la carga por área de ocupación se multiplica el número de contactos de cada área por la corriente considerada para cada uno, por ejemplo: Sala de descanso = 1 x 4 A + 2 x 4 A = 12 A

Tabla 17
Circuito derivado No. 10 pequeños aparatos

Área de ocupación	No. de cargas o salidas		TOTAL [A]
	4 [A]	4 [A]	
Comedor AO15	3		12
Cocina AO16		1	8
TOTAL			**16**
CAPACIDAD MÍNIMA DEL CIRCUITO			**20**

Para obtener la carga por área de ocupación se multiplica el número de contactos de cada área por la corriente considerada para cada uno, por ejemplo: Comedor = 3 x 4 A = 12 A

Para estos circuitos, de acuerdo con la tabla 210-24 de la NOM-001-SEDE-2012, estos deben tener un interruptor contra sobrecorriente de 20 A cada uno, ya que su capacidad nominal es de 20 A. En las figuras 4,21, 4,22, 4,23, 4,24, 4,25 y 4,26, se muestran las canalizacones que van a emplear para estos circuitos, y se indican sus dimensiones horizontales

Circuitos de 20 A para lavadoras en unidades de vivienda

Como vimos ateriormente, la NOM-001-SEDE-2012 requiere como mínimo un circuito derivado de 20 A, para alimentar a la lavadora. Por lo tanto para este caso tenemos el siguiente circuito:

Tabla 18
Circuito derivado No. 11 lavadora

Área de ocupación	No. de cargas o salidas	TOTAL [A]
	13 [A]	
Pasillo y cuarto de lavado (lavadora) AO3	1	13
TOTAL		**13**
CAPACIDAD MÍNIMA DEL CIRCUITO		**20**

Para obtener la carga del área de ocupación se multiplica el número de contactos por la corriente considerada: 1 x 13 = 13 A

De acuerdo con la tabla 210-24 de la NOM-001-SEDE-2012, este circuito debe tener un interruptor contra sobrecorriente de 20 A, ya que su capacidad nominal es de 20 A. En la figura 4,27 se muestran las canalizaciones que se van a emplear para este circuito, y se indican sus dimensiones horizontales.

Circuitos de 20 A para cuartos de baño en unidades de vivienda

Como vimos ateriormente, la NOM-001-SEDE-2012 requiere como mínimo un circuito derivado de 20 A, para alimentar cuartos de baño. Por lo tanto para este caso tenemos el siguiente circuito:

Tabla 19
Circuito derivado No. 12 cuartos de baño

Área de ocupación		TOTAL [A]
	4 [A]	
Baño común AO4	1	4
Baño principal AO13	1	4
TOTAL		**8**
CAPACIDAD MÍNIMA DEL CIRCUITO		**20**

Para obtener la carga por área de ocupación se multiplica el número de contactos de cada área por la corriente considerada para cada uno, por ejemplo: Baño común = 1 x 4 A = 4 A

De acuerdo con la tabla 210-24 de la NOM-001-SEDE-2012, este circuito debe tener un interruptor contra sobrecorriente de 20 A, ya que su capacidad nominal es de 20 A. En la figura 4,28 se muestran las canalizaciones que se van a emplear para este circuito, y se indican sus dimensiones horizontales.

A continuación presentamos una tabla resumen con las capacidades de los circuitos derivados de nuestro ejemplo:

Tabla 20

Nombre del circuito	Cargas que alimenta el circuito	Corriente en el circuito [A]	Carga mínima que debe soportar [A]	Capacidad nominal del circuito derivado [A]	Valor nominal del dispositivo de protección del circuito [A]
Circuito derivado de alumbrado general No. 1	Lámparas fluorescentes compactas y contactos en: Patio frontal AO1 Cochera AO2 Pasillo y cuarto de lavado AO3 Sala de descanso AO14 Comedor AO15 Cocina AO16 Patio de servicio AO17	9.5	11.87	15	15
Circuito derivado de alumbrado general No. 2	Lámparas fluorescentes compactas y contactos en: Baño común AO4 Guardarropa 1 AO5 Guardarropa 2 AO6 Recámara 1 AO7 Recámara 2 AO8 Guardarropa 3 AO9 Pasillo 2 AO10 Recámara principal AO11 Guardarropa principal AO12 Baño principal AO13	4.5	5.62	15	15
Circuito derivado de otras cargas No. 3	Contacto para horno de microondas en: Cocina AO16	13	13	15	15
Circuito derivado de otras cargas No. 4	Bomba para bomba de agua en: Patio de servicio AO17	11.2	11.2	11.12	Contra corto circuito y falla a tierra= 20 Contra sobrecarga=10.24
Circuito derivado de pequeños aparatos No. 5	Contacto para refrigerador en: Cocina AO16	15	15	20	20
Circuito derivado de pequeños aparatos No. 6	Contactos en: Recámara 1 AO7	12	12	20	20
Circuito derivado de pequeños aparatos No. 7	Contactos en: Recámara 2 AO8	12	12	20	20
Circuito derivado de pequeños aparatos No. 8	Contactos en: Recámara principal AO11	12	12	20	20
Circuito derivado de pequeños aparatos No. 9	Contactos en: Sala de descaso AO14 Cocina AO16	16	16	20	20
Circuito derivado de pequeños aparatos No. 10	Contactos en: Comedor AO15	16	16	20	20
Circuito derivado de lavadora No. 11	Contacto para lavadora en: Pasillo y cuarto de lavado AO3	13	13	20	20
Circuito derivado de cuartos de baño No. 12	Contactos en: Baño común AO4 Baño principal AO113	8	8	20	20

Diseño del circuito alimentador de la instalación y su protección

De acuerdo con el artículo 100 de la NOM-001-SEDE-2012, el factor de demanda de un sistema o parte de un sistema, en porcentaje, es igual a su demanda máxima dividida entre su carga total conectada, todo esto multiplicado por cien. Esto se representa con la siguiente fórmula:

$$FD = \frac{DM}{CTC} \times 100 \qquad (4.2)$$

Donde:
FD = Factor de demanda del sistema o parte del sistema, en porcentaje.
DM = Demanda máxima del sistema o parte del sistema, en volt-amperes o en amperes.
CTC = Carga total conectada del sistema o parte del sistema, en volt-amperes o en amperes.

Despejando de esta fórmula, la demanda máxima del sistema o parte del sistema es igual a:

$$DM = \frac{FD \cdot CTC}{100} \qquad (4.3)$$

La sección 215-2, inciso a) subinciso 1), de la NOM-001-SEDE-2012, indica que el tamaño mínimo del conductor del circuito alimentador antes de la aplicación de cualquier ajuste o de factores de corrección, debe tener una ampacidad permisible no menor a la carga no continua, más el 125 % de la carga continua. En pocas palabras, la capaciad de conducción de corriente del circuito alimentador debe ser mayor o igual a la suma de las demándas máximas de cada parte del sistema que alimenta, multiplicando antes por 1,25 las demandas máximas que sean continuas. Los circuitos deben estar protegidos contra sobrecorriente pormedio de un dipositivo cuya capacidad nominal no exceda a la capacidad de conducciòn de corriente del circuito, em amperes (veáse sección 240-4, de la NOM-001-SEDE-2012).

En la sección 220-42 de la NOM-001-SEDE-2012, se presenta una tabla con los factores de demanda permitidos para alumbrado general, la cual reproducimos a continuación.

Tabla 220-42
Factores de demanda de cargas de alumbrado

Tipo de local	Parte de la carga de alumbrado a la que se aplica el factor de demanda (en VA)	Factor de demanda %
Almacenes	Primeros 12 500 o menos A partir de 12 500	100 50
Hospitales*	Primeros 50 000 o menos A partir de 50 000	40 20
Hoteles y moteles, incluyendo los bloques de apartamentos sin cocina*	Primeros 20 000 o menos De 20 001 a 100 000 A partir de 100 000	50 40 30
Unidades de vivienda	Primeros 3 000 o menos De 3 001 a 120 000 A partir de 120 000	100 35 25
Todos los demás	Total VA	100

*Los factores de demanda de esta tabla no se aplican a la carga calculada de los alimentadores a las zonas de hospitales, hoteles y moteles en las que es posible que se deba utilizar todo el alumbrado al mismo tiempo, como quirófanos, comedores y salas de baile.

En la sección 220-52 de la NOM-001-SEDE-2012, se indica que se debe considerar una carga de 1500 VA por cada circuito de pequeños aparatos eléctricos y lavadoras en unidades de vivienda. Se permite que estas cargas se incluyan en la carga de alumbrado general y se apliquen los factores de demanda indicados en la tabla.

Para el horno de microondas y la bomba de agua, que son circuitos independientes, vamos a considerar un factor de demanda de 100%.

Tomando en cuenta todo lo anterior, vamos a calcular la suma de las demandas máximas para determinar el alimentador:

En alumbrado general tenemos una carga de 14 A, que de acuerdo con la fórmula 2.9 de este documento, corresponde a: 14 A x 127 V=1778 VA. Por ser carga continua tenemos que corresponde una carga ficticia para cálculos del alimentador = 1778 VA x 1.25 = 2222.5 VA.

En pequeños aparatos eléctricos y lavadoras tenemos siete circuitos, cada uno con una carga de 1500 VA, que corresponde a un total de 1500 VA x 7 = 10500 VA.

Para los cuartos de baño tenemos una carga total de 8 A, por lo que la carga total de este tipo de circuito es de: 8 A x 127 = 1016 VA.

La carga total que podemos considerar como alumbrado general es de

$$2222.5 \text{ VA} + 10500 \text{ VA} + 1016 \text{ VA} = 13738.5 \text{ VA}.$$

Primeros 3 000 VA:

$$\mathbf{DM = \frac{(100)\ (3\,000)}{(100)} = 3\,000\ VA}$$

Segundos 10 738,6 VA:

$$\mathbf{DM = \frac{(35)\ (10\,738{,}5)}{(100)} = 3\,758{,}47\ VA}$$

La carga total de alumbrado que debe soportar el alimentador es de:

$$\mathbf{DM = 3\,000 + 3\,758{,}47 = 6\,758{,}47\ VA}$$

El factor de demanda general para la carga total de alumbrado con la ecuación de la página anterior es:

$$\mathbf{FD = \frac{6\,758{,}47}{13\,738{,}5}\ x\ 100 = 49{,}19\ \%}$$

La carga de la bomba es de 8,9 A, que por ser carga continua queda en una carga ficticia para cálculos del alimentador de = 8,9 A x 1,25 = 11,12 A. De acuerdo con la fórmula 2,9, corresponde a:

$$\mathbf{11{,}12\ A\ x\ 127 = 1\,412{,}24\ VA}$$

La carga del horno de microondas es de 13A, que de acuerdo con la formula 2,9 de la página 56 de este documento corresponde a:

13 A x 127 V = 1 651 VA

La carga de la bomba más la del horno de microondas que debe soportar el alimentador es de:

1 412,24 VA + 1 651 VA = 3 063,24 VA

La suma total de las demandas máximas que debe soportar el alimentador es de:

DM = 6 758,47 + 3 063,24 VA = 9 821,71 VA

La compañía suministradora de energía eléctrica, Comisión Federal de Electricidad, aplica algunas reglas para determinar el número de fases que emplea para alimentar a unidades de vivienda, como la que se muestra a continuación:

Tabla 21

Demanda contratada (kW)	Número de fases
Menor o igual a 5 kW	Una fase
Mayor de 5 kW y menor o igual a 10 kW	Dos fases
Mayor a 10 kW y menor o igual a 25 kW	Tres fases

En nuestro ejemplo tenemos una demanda de 9821,71 VA. Para convertir esta cantidad a kW empleamos la ecuación 2.11 de la página 57. Como no conocemos el factor de potencia para aplicar esta ecuación, suponemos que es igual a uno, que es el mayor que puede tomar, para obtener la demanda mayor que se puede presentar en kW:

P = PA x FP = Potencia Real (W)

P = 9821,71 VA x 1 = 9 821,71 W = 9,82 kW

Donde:
P = Demanda máxima real en W o kW.
PA= Potencia aparente
FP= Factor de potencia

De acuerdo con esto, para nuestro ejemplo le corresponde una alimentación en dos fases, ya que es mayor a 5 kW.

Cuando se tiene una alimentación trifásica o bifásica, se debe repartir la carga entre las fases, lo que se conoce como balanceo de cargas. El balanceo de cargas se lleva a cabo por lo siguiente:

- Para evitar que el voltaje de cada una de las fases se desvíe del valor nominal (en este caso, 127 V), ya que una desviación grande del valor nominal provoca que los equipos conectados a la(s) fase(s) que presenta(n) la desviación no operen correctamente.
- Para que los conductores de cada fase del alimentador manejen aproximadamente la misma corriente, para evitar subutilizar o sobrecargar alguno.
- En sistemas trifásicos en estrella, para que el neutro transmita la menor corriente de retorno posible.

El balanceo exacto en muchos casos es imposible de obtener, pero se debe tratar de balancear la corriente que va a circular por cada fase del alimentador de la mejor forma posible. A continuación presentamos una tabla con las corrientes de cada circuito derivado de nuestro ejemplo, considerando los factores de demanda indicados en la NOM-001-SEDE-2012.

Tabla 22

Nombre del circuito	Corriente total en el circuito (A)	Ajuste de corriente a las cargas continuas (x 1.25)(A)	Factor de demanda de la carga (%)	Corriente considerando el factor de demanda (A)
Circuito derivado de alumbrado general No. 1	9.5	11.87	49.19	5.83
Circuito derivado de alumbrado general No. 2	4.5	5.62	49.19	2.76
Circuito derivado de otras cargas No. 3	13		100	13
Circuito derivado de otras cargas No. 4	8.9	11.12	100	11.12
Circuito derivado de pequeños aparatos No. 5	15		49.19	7.37
Circuito derivado de pequeños aparatos No. 6	12		49.19	5.9
Circuito derivado de pequeños aparatos No. 7	12		49.19	5.9
Circuito derivado de pequeños aparatos No. 8	12		49.19	5.9
Circuito derivado de pequeños aparatos No. 9	16		49.19	7.87
Circuito derivado de pequeños aparatos No. 10	16		49.19	7.87
Circuito derivado de lavadora No. 11	13		49.19	6.39
Circuito derivado de cuartos de baño No. 12	8		49.19	3.93
Para obtener la corriente por circuito derivado, considerando el factor de demanda, se multiplica el factor de demanda por la corriente de cada circuito, por ejemplo: Circuito derivado de alumbrado general No. 1 = 11,87 A x 0,4919 = 5,83 A			**Total**	**83.84**

A continuación presentamos el cuadro de cargas, que establece la información de cada uno de los circuitos derivados de nuestro ejemplo.

CUADRO DE CARGAS																		
Cto.	0.2 (A)	0.2 (A)	1.5 (A)	1.5 (A)	4 (A)	4 (A)	4 (A)	13 (A)	15 (A)	8.9 (A)	CORRIENTE TOTAL DEL CIRCUITO	AJUSTE DE CARGA CONTINUA	CARGAS NO CONTINUAS	FACTOR DE DEMANDA (%)	CORRIENTE AJUSTADA CON FACTOR DE DEMANDA (A)	PROTECCIÓN (A)	FASE A	FASE B
C1 AG	20	5		3							9.5	11.87		49.19	5.83	15	•	
C2 AG	15		1								4.5	5.62		49.19	2.76	15	•	
C3 OC								1			13		13	100	13	15	•	
C4 OC										1	8.9	11.12*		100	11.12	20		•
C5 OA									1		15		15	49.19	7.37	20		•
C6 PA					3						12		12	49.19	5.9	20	•	
C7 PA					3						12		12	49.19	5.9	20		•
C8 PA					3						12		12	49.19	5.9	20		•
C9 PA					1	1	2				16		16	49.19	7.87	20	•	
C10 PA					3	1					16		16	49.19	7.87	20		•
C11 LAV								1			13		13	49.19	6.39	20	•	
C12 CB						2					8		8	49.19	3.93	20		•
***El ajuste del motor es debido a lo indicado en la sección 430-22**														**Carga total = 83.84 A**			**41.79 A**	**42.09 A**

Para obtener la carga de cada circuito derivado se multiplica el número de elementos de cada uno por la corriente considerada para cada elemento, por ejemplo: C1 AG = 20 x 0,2 A + 5 x 0,2 A + 3 x 1,5 A= 9,5 A
AG = Alumbrado General, OC = Otras Cargas, PA = Pequeños Aparatos, LAV = Lavadora, CB = Cuartos de Baño

La corriente total de 83,84A se va a dividir en dos fases. Si los circuitos se balancean en forma exacta, a cada fase le correspondería 83,84 / 2 fases = 41,92A. Como esto no es posible, tenemos que dividir los circuitos por fase de la mejor manera que podamos, por ejemplo:

- **Fase A:** Conectamos a esta fase los circuitos derivados No.1, No.2, No.3, No.6, No.9 y No. 11.

Para esta fase resulta en una corriente de: 5,83 A + 2,76 A + 13 A + 5,9 A + 7,87 A + 6,39 A = 41,79 A.

- **Fase B:** Conectamos a esta fase los circuitos derivados No.4, No.5, No.7, No.8, No.10 y No. 12.

Para esta fase resulta en una corriente de: 11,12 A + 7,37 A + 5,9 A + 5,9 A + 7,87 A + 3,93 A = 42,09 A

Para alimentaciones trifásicas o bifásicas con neutro, la compañía suministradora proporciona dos o tres condcutores de fase respectivamene, según sea el caso. En este ejemplo el desbalanceo es de:

$$\%D = \frac{\text{(carga mayor) - (carga menor)}}{\text{(carga mayor)}} \times 100 \qquad \%D = \frac{42{,}09 - 41{,}79}{42{,}09} \times 100 \quad \%D = 0{,}71\%$$

es menor al 5%, el cual está dentro del rango solicitado por la compañía suministradora.

La corriente máxima que se va a transmitir en una fase es 42,09 A. El dispositivo de protección contra sobrecorriente (interruptor de seguridad con fusibles) inmediato superior que existe en el mercado es de 60A (2x60 A). Este valor debe ser mayor al de cualquier dispositivo de protección contra sobrecorriente de los circuitos derivados. En nuestro caso, el mayor es el de la bomba, que es de 20 A. En este caso el circuito alimentador va a suministrar energía eléctrica a la carga combinada de los circuitos derivados No.4 de OC, No.5 de PA, No.7 de PA, No.8 de PA, No.10 de PA y No.12 de CB. Esto corresponde a la carga combinada de un motor, que es la bomba, y de las diferentes cargas que se conecta en los circuitos derivados No.5 de PA, No.7 de PA, No.8 de PA, No.10 de PA y No.12 de CB. La sección 430-63 de la NOM-001-SEDE-2012 inidca que la capacidad del dispositivo de protección de un circuito alimentador de cargas combinadas, que consista de un motor y otras cargas, debe tener un valor nominal no menor al requerido para la suma de otras cargas más el valor nominal permitido en la sección 430-52. Es decir, en nuestro caso queda:

La capacidad del dispositivo de proteccion del circuito alimentador
= 20 A + 7,37 A + 5,9 A + 5,9A + 7,87 A + 3,93 A = 50,97 A

Por lo tanto, tomamos el valor de 60A para el dispositivo de protección contra sobrecorriente (interruptor de seguridad con fusibles).

Alambrado y canalizaciones

En la figura 4,29 se muestran todas las canalizaciones que se van a emplear para la unidad de vivienda de nuestro ejemplo, y se indican sus dimensiones horizontales.

En las figuras 4,30 a 4,61 se muestra el alambrado y los dibujos isometricos de las canalizaciones indicando sus dimensiones, por área de ocupación. Para entender la forma en que se alambran los dipositivos, en las figuras 4,62 y 4,63 se muestra la conexión de lámparas, apagadores y contactos.

Los dibujos isométricos de las canalizaciones están basados en lo siguiente:

- El techo de la unidad de vivienda de nuestro ejemplo es de 2,50 m.
- En las zonas secas, como recámaras, sala, comedor y pasillos, se recomienda que la parte inferior

de los contactos se encuentre a 30 cm de altura con respecto al nivel del piso, para que se puedan ocultar las extensiones de los aparatos que estén conectados a ellos, ya sea en forma definitiva o temporal.

- En las zonas que presentan o pueden presentar humedad, como son los baños, cochera, cocina y en zonas expuestas a la intemperie, para evitar riesgos de choque eléctrico y que los contactos se llenen de humedad y se presente corrosión, se recomienda que la parte inferior de los contactos se encuentre a 120 cm de altura con respecto al nivel del piso.
- Para que se puedan operar cómodamente, se recomienda que la parte inferior de los apagadores se encuentren a 120 cm de altura con respecto al nivel del piso.

Selección de cables de circuitos derivados y alimentador

Para seleccionar los cables, primero hay que definir el tipo de cable más apropiado para la instalación. En el capítulo 3 presentamos varios tipos de cables empleados en instalaciones en baja tensión. Por su costo y desempeño, el cable más empleado en México para las unidades de vivienda es el tipo THW-LS (véanse características técnicas de *Alambres y cables Vinanel XXI RoHS*$^{M.R.}$ *THW-LS/THHW-LS, 90 °C 600 V*). Este cable tiene conductor de cobre y aislamiento de PVC. Para nuestro ejemplo vamos a emplear este tipo de cable en toda la instalación.

Ya que sabemos el tipo de cable a emplear, necesitamos determinar el calibre de los conductores de cobre en los circuitos derivados y en el alimentador, tanto para los conductores que transportan corriente (el vivo y el neutro), como para el conductor de tierra o de puesta a tierra, y también para el conductor del electrodo de puesta a tierra.

Selección del calibre de los conductores que transportan corriente

Para seleccionar el calibre de los conductores que transportan corriente, se deben cumplir las siguientes dos condiciones:

1. La capacidad de conducción de corriente de los conductores debe ser mayor o igual al valor nominal o de ajuste del dispositivo de protección de sobrecorriente del circuito. Existen las siguientes excepciones a esto:

- Cables que alimentan un solo motor:
  - Como se dijo anteriormente, de acuerdo con la sección 430-22, inciso a) de la NOM-001-SEDE-2012, los conductores del circuito derivado que suministren energía eléctrica a un solo motor deben tener una capacidad de conducción de corriente no menor a 125% de la corriente eléctrica nominal (de plena carga de motor).

- Cables que suministran energía eléctrica a varios motores, o a motores y otras cargas:
  - Como se dijo anteriormente, de acuerdo con la sección 430-24 los conductores que suministren energía eléctrica a varios motores-o a motores y otras cargas- deben tener una capacidad de conducción de corriente no menor a la suma de: 1) 125% de la corriente nominal de plena carga del motor con el valor nominal más alto, 2) Más la suma de las corrientes nominales de

plena carga de todos los otros motores del grupo, 3) La corriente de las cargas no continuas que no son motores, 4) Más el 125% de las cargas continuas que no son motores.

El significado de esto se representa en la siguiente fórmula:

$$\mathbf{CCC \geq \sum I_{MOTOR} + 0{,}25\ I_{MOTORMAYOR} + I_{OTRAS\ CARGAS}} \qquad \mathbf{(4.4)}$$

Donde:
CCC = Capacidad de conducción de corriente del conductor que alimenta a los motores y otras cargas, en amperes
I_{MOTOR} = Corriente eléctrica a plena carga de cada motor, en amperes
$I_{MOTORMAYOR}$ = Corriente eléctrica a plena carga del motor mayor, en amperes
$I_{OTRAS\ CARGAS}$ = Suma de las corrientes eléctricas de todas las otras cargas, en amperes

2. La caída de tensión en los conductores de los circuitos debe ser menor a lo siguiente para que proporcionen una eficacia de funcionamiento razonable a los equipos de utilización que están conectados a la salida de los circuitos derivados:

- **Para alimentadores:** Los conductores de alimentadores deben tener un tamaño nominal que evite una caída de tensión eléctrica superior a 3% en la salida más lejana que alimente a cargas de fuerza, calefacción, alumbrado o cualquier combinación de ellas.
- **Para circuitos derivados:** Los conductores de circuitos derivados deben tener un tamaño nominal que evite una caída de tensión eléctrica superior a 3% en la toma de corriente eléctrica más lejana para fuerza, calefacción y alumbrado o cualquier combinación de ellas.
- **Total de alimentadores más circuitos derivados:** La caída máxima de tensión eléctrica sumada de los circuitos alimentadores y derivados hasta la salida más lejana no debe superar 5%.

Una regla sencilla es tomar 2% como caída de tensión máxima, tanto en alimentadores como en circuitos derivados, para evitar que la suma de caídas exceda el 5%.

Determinación del tamaño del conductor con base en la capacidad de conducción de corriente requerida

De acuerdo con la sección 110-14, inciso c) de la NOM-001-SEDE-2012, la temperatura nominal de operación del conductor, asociada con su capacidad de conducción de corriente, debe seleccionarse y coordinarse de forma que no exceda la temperatura de operación de cualquier elemento del sistema que tenga la menor temperatura de operación, como conectadores, otros conductores o dispositivos, cumpliendo la conexión a terminales de equipo como sigue:

a) Las terminales de equipos para circuitos de 100 A nominales o menos o marcadas (aprobadas conforme con lo establecido en 110-2) para conductores con designación de 2,08 mm^2 a 42,4 mm^2 (14 AWG a 1 AWG), deben utilizarse solamente para los casos siguientes:
    1. Conductores con temperatura de operación del aislamiento máxima de 60 °C.
    2. Conductores con temperatura de operación del aislamiento, mayor, siempre y cuando la capacidad de conducción de corriente de tales conductores se determine basándose en la

capacidad de conducción de corriente de conductores para 60 °C.

3. Conductores con temperatura de operación del aislamiento, mayor, si el equipo está identificado para tales conductores.
4. Para motores marcados con las letras de diseño B, C, D o E, se permite el uso de conductores que tienen un aislamiento con temperatura de operación de 75 °C o mayor, siempre y cuando la capacidad de conducción de corriente de tales conductores no exceda de la capacidad de conducción de corriente para 75 °C.

b) Las terminales de equipo para circuitos de más de 100 A nominales o identificadas (aprobadas conforme con lo establecido en 110-2) para conductores mayores de 42,4 mm^2 (1 AWG), deben utilizarse solamente para los siguientes casos:
   1. Conductores con temperatura nominal de operación del aislamiento de 75 °C.
   2. Conductores con temperatura de operación nominal de 75 °C, siempre y cuando la capacidad de conducción de corriente de tales conductores no exceda de la correspondiente a 75 °C o con temperatura de operación mayor que 75 °C, si el equipo está identificado para utilizarse con tales conductores.

La capacidad de conducción de corriente de uno a tres conductores aislados activos (es decir, que llevan corriente en condiciones normales), menores a 2000 V, en un cable, o canalización (que es el caso general de unidades de vivienda), debe ser tomando de acuerdo con la tabla 310-15(b)(16), de la NOM-001-SEDE-2012.

Notas de la NOM-001-SEDE-2012:

El artículo 100 proporciona las siguientes definiciones:

- **Canalización:** Canal cerrado de materiales metálicos o no metálicos, expresamente diseñado para contener alambres, cables o barras conductoras, con funciones adicionales como lo permita esta norma.
- **Tubo conduit:** Sistema de canalización diseñado y construido para alojar conductores en instalaciones eléctricas, de forma tubular, sección circular.

De acuerdo con lo anterior, como en todos nuestros circuitos la corriente es menor a 100 A, para determinar la capacidad de conducción de corriente vamos a emplear la columna de 60 °C de la tabla 310-15(b)(16). A continuación presentamos una reproducción de esta tabla.

Tabla 310-15(b)(16).-
Ampacidades permisibles en conductores aislados para tensiones hasta 2000 volts y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, cable o directamente enterrados, basados en una temperatura ambiente de 30 °C*

Tamaño o designación		Temperatura nominal del conductor [Véase Tabla 310-104(a)]					
		60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C
mm²	AWG o kcmil	TIPOS TW, UF	TIPOS RHW, THHW, THHW-LS, THW, THW-LS, THWN, XHHW, USE, ZW	TIPOS TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THHW-LS, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	TIPOS UF	TIPOS RHW, XHHW, USE	TIPOS SA, SIS, RHH, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2
		Cobre			Aluminio o Aluminio recubierto de cobre		
0,824	18**	---	---	14	---	---	---
1,31	16**	---	---	18	---	---	---
2,08	14**	15	20	25	---	---	---
3,31	12**	20	25	30	---	---	---
5,26	10**	30	35	40	---	---	---
8,37	8	40	50	55	---	---	---
13,3	6	55	65	75	40	50	55
21,2	4	70	85	95	55	65	75
26,7	3	85	100	115	65	75	85
33,6	2	95	115	130	75	90	100
42,4	1	110	130	145	85	100	115
53,49	1/0	125	150	170	100	120	135
67,43	2/0	145	175	195	115	135	150
85,01	3/0	165	200	225	130	155	175
107.2	4/0	195	230	250	150	180	205
127	250	215	255	290	170	205	230
152	300	240	285	320	195	230	260
177	350	260	310	350	210	250	280
203	400	280	335	380	225	270	305
253	500	320	380	430	260	310	350
304	600	350	420	475	285	340	385
355	700	385	450	520	315	375	425
380	750	400	475	535	320	385	435
405	800	410	490	555	330	395	445
456	900	435	520	585	355	425	480
507	1 000	455	545	615	375	445	500
633	1 250	495	590	665	405	485	545
760	1 500	525	625	705	435	520	585
887	1 750	545	650	735	455	545	615
1 013	2 000	555	665	750	470	560	630

* Véase 310-15 (b) (2) para los factores de correciones de la ampacidad cuando la temperatura ambiente es diferente a 30 ºC.
** Véase 240-4 (d) para limitaciones de protección contra sobrecorriente del conductor.

Tabla 310-15(b)(2)(a).-
Factores de Corrección basados en una temperatura ambiente de 30 °C.

Para temperaturas ambientes distintas de 30 °C, multiplicaque las anteriores capacidades permisibles por el factor correspondiente de los que se indican a continuación:			
Temperatura ambiente en °C	Rango de temperatura del conductor		
	60 °C	75 °C	90 °C
10 o menos	1,29	1,20	1,15
11 - 15	1,22	1,15	1,12
16 - 20	1,15	1,11	1,08
21 - 25	1,08	1,05	1,04
26 - 30	1,00	1,00	1,00
31 - 35	0,91	0,94	0,96
36 - 40	0,82	0,88	0,91
41 - 45	0,71	0,82	0,87
46 - 50	0,58	0,75	0,82
51 - 55	0,41	0,67	0,76
56 - 60	---	0,58	0,71
61 - 65	---	0,47	0,65
66 - 70	---	0,33	0,58
91 - 75	---	---	0,50
76 - 80	---	---	0,41
81 - 85	---	---	0,29

Cuando el número de conductores activos en un cable o canalización sea mayor a tres, la capacidad de conducción de corriente indicada en la tabla 310-15(b)(16) se debe reducir como se indica en la siguiente tabla. No se debe tomar en cuenta el conductor de tierra como activo para aplicar estos factores:

Tabla 310-15(b)(3)(a).-
Factores de ajuste para más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o cable.

Número de conductores activos	Porcentaje de valor de la tabla 310-16
De 4 a 6	80
De 7 a 9	70
De 10 a 20	50
De 21 a 30	45
De 31 a 40	40
41 y más	35

Para nuestro ejemplo vamos a determinar el calibre de los conductores del circuito derivado No.1 ,de alumbrado general, y del circuito alimentador. Los demás circuitos se dejan como ejercicio para el lector.

El circuito derivado No.1 de alumbrado general cubre las siguientes zonas:

- Patio frontal AO1
- Cochera AO2
- Pasillo y Cuarto de lavado AO3
- Sala de descanso AO14
- Comedor AO15
- Cocina AO16
- Patio de servicio AO17

De acuerdo con lo visto anteriormente el circuito derivado No. 1 , de alumbrado general, tiene una protección contra sobrecorriente de 15 A, por lo tanto la capacidad de conducción de corriente de los cables de este circuito debe ser mayor o igual a 15 A. En la figura 4,17 se muestra una vista de planta de las canalizaciones de este circuito. En las figuras 4.30, 4.31, 4.33, 4.35, 4.53, 4.54, 4.56, 4.58 y 4.60, se muestra el alambrado de las canalizaciones de este circuito.

En la canalización entre el centro de carga y la luminaria de centro del patio frontal existen 6 conductores activos, como se puede apreciar en la figura 4,31 Estos conductores son las tres fases de los circuitos derivados No.1, No. 5 y No.11, los neutros de los circuitos derivados No.1, No. 5 y No.11. Esta canalización es la de mayor concentración de conductores activos del circuito derivado No. 1 de alumbrado general, y por lo tanto es el lugar más crítico del circuito, en lo que se refiere a capacidad de conducción de corriente. si calculamos el calibre de los conductores para esta canaliazación, vamos a estar protegidos en las demás canalizaciones de este circuito.

En la canalización entre el centro de carga y la luminaria de centro del patio frontal existen 6 conductores activos, como se puede apreciar en la figura 4,31 Estos conductores son las tres fases de los circuitos derivados No.1, No. 5 y No.11, los neutros de los circuitos derivados No.1, No. 5 y No.11. Esta canalización es la de mayor concentración de conductores activos del circuito derivado No. 1 de alumbrado general, y por lo tanto es el lugar más crítico del circuito, en lo que se refiere a capacidad de conducción de corriente. Si calculamos el calibre de los conductores para esta canaliazación, vamos a estar protegidos en las demás canalizaciones de este circuito.

Como lo mencionamos anteriormente, los conductores para este circuito tienen que ser de 60 °C, ya que maneja menos de 100 A. Vamos a considerar que la unidad de vivienda de nuestro ejemplo se encuentra en la ciudad de Monterrey y que la temperatura ambiente máxima es de 40 °C. De acuerdo con la columna para cables de 60 °C de la tabla tabla 310-15(b)(2)(a), de la NOM-001--SEDE-2012 a la capacidad de conducción de corriente de un cable indicada en dicha tabla le corresponde un factor de corrección por temperatura de 0,82.

De acuerdo con la tabla 310-15(b)(3)(a), de la NOM-001-SEDE-2012, le corresponde un factor de corrección por agrupamiento de 80%. Esto significa que, para este caso la capacidad de conducción de corriente de los cables indicada en la tabla 310-15(b)(16) de la NOM-001-SEDE-2012, debe multiplicarse por 0,82 y por 0,80. Tomando en cuenta eso tenemos:

Tabla 23
Capacidad de conducción de corriente corregida

Tamaño nominal mm² (AWG)	Capacidad de conducción de corriente para cobre de acuerdo con la tabla 310-15 (b) (16) [A]	Capacidad de conducción de corriente para cobre de acuerdo con la tabla 310-15 (b) (16) corregida por temperatura ambiente y por agrupamiento (x 0,82 x 0,8) [A]
2,08 (14)	15	9,84
3,31 (12)	20	13,12
5,26 (10)	30	19,68
8,37 (8)	40	26,24

De acuerdo con esto, para el circuito derivado No.1, de alumbrado general, le corresponde por capacidad de conducción de corriente un calibre mínimo de 3,31mm2 (12 AWG).

Para el caso del circuito alimentador el dipositivo de protección contra sobrecorriente es de 60 A, por lo tanto la capacidad de conducción de corriente de las cables para este circuito (incluyendo el neutro), debe ser mayor o igual a 60 A. En la figura 4.30 se aprecia que existen tres conductores activos, que son las dos fases y el neutro.

De acuerdo con la tabla presentada anteriormente, para tres conductores activos, a la capacidad de conducción de corriente de un cable indicada en la tabla 310-15(b)(16) de la NOM-001-SEDE-2012, no se le aplica factor de corrección por agrupamiento, es decir se multiplica por uno. Como lo mencionamos anteriormente, los conductores para este circuito tienen que ser de 60 °C, ya que maneja menos de 100 A. De acuerdo con la columna para cables de 60 °C de la tabla 310-15(b)(16), de la NOM-001--SEDE-2012, a la capacidad de conducción de corriente de un cable indicada en dicha tabla le corresponde un factor de corrección por temperatura de 0,82, ya que la temperatura ambiente máxima es de 40 °C. Esto significa que para este caso la capacidad de conducción de corriente de los cables indicada en la tabla 310-15(b)(16), de la NOM-001-SEDE-2012 debe multiplicarse por 1 y por 0,82. tomando en cuenta eso, tenemos:

Tabla 24

Tamaño nominal mm² (AWG)	Capacidad de conducción de corriente para cobre de acuerdo con la tabla 310-15(b)(16) [A]	Capacidad de conducción de corriente para cobre de acuerdo con la tabla 310-15 (b) (16) corregida por temperatura ambiente y por agrupamiento (0.82 x 1)
13.3 (6)	55	45,1
21,2 (4)	70	57,4

De acuerdo con esto, para el circuito de alimentación le corresponde –por capacidad de conducción de corriente– un calibre mínimo de 21,2 mm² (4 AWG). Es importante mencionar que de acuerdo con el artículo 215-2, inciso a), subinciso 3) de la NOM-001-SEDE-2012:

La capacidad de conducción de corriente de los conductores del alimentador no debe ser inferior a la de los conductores de entrada de acometida cuando los conductores del alimentador transporten el total de la carga alimentada por los conductores entrada de acometida con una capacidad de conducción de corriente de 55 A o menos.

Determinación del tamaño del conductor con base en la caída de tensión máxima recomendada

La caída de tensión en cables, en porcentaje, puede calcularse con las siguientes fórmulas que proporcionan un valor bastante aproximado al real; y siempre mayor o igual a este último:

- Para circuitos monofásicos:

$$\Delta V = \frac{2ZLI}{Vo}\ 100 \qquad (4.5)$$

- Para circuitos trifásicos:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3}ZLI}{Vff}\ 100 \qquad (4.6)$$

Donde:
ΔV = Caída de tensión en el cable, en porcentaje
I = Corriente eléctrica que pasa por el cable, en amperes
L = Longitud del circuito, en km
Vo = Voltaje de fase a tierra, en volts
Vff = Voltaje entre fases, en volts
Z = Impedancia eléctrica del cable, en ohms/km. La cual está dada por la siguiente fórmula:

$$Z = \sqrt{R^2 + XL^2} \qquad (4.7)$$

Donde:
R = Resistencia eléctrica del conductor a la corriente alterna a la temperatura de operación, en ohms/km
XL = Reactancia inductiva del cable en ohms/km

A continuación presentamos una tabla que contiene la resistencia en corriente alterna a 75 °C, la reactancia inductiva y la impedancia de cables de cobre dentro de un tubo (conduit). En nuestro caso, los cables van a operar a una temperatura de 60 °C, porque manejan una corriente menor o igual a 100 A. Sin embargo, la diferencia entre estas resistencias es pequeña y haciendo los cálculos de caída de tensión utilizando una resistencia eléctrica a 75 °C, en lugar de 60 °C, nos resultan un valor protegido. Las impedancias mostradas en esta tabla son considerando un factor de potencia unitario en la carga.

Tabla 25

Tamaño nominal del conductor		Reactancia inductiva (ohm/km)		Resistencia en corriente alterna a 75 °C (ohm/km)			Impedancia (ohm/km)		
mm²	AWG kcmil	Conduit de PVC o Al	Conduit de acero	Conduit de PVC	Conduit de Al	Conduit de acero	Conduit de PVC	Conduit de Al	Conduit de acero
2,08	14	0,190	0,240	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2
3,31	12	0,177	0,223	6,562	6,56	6,56	6,56	6,56	6,57
5,26	10	0,164	0,207	3,937	3,94	3,94	3,94	3,94	3,94
8,37	8	0,171	0,213	2,559	2,56	2,56	2,56	2,56	2,57
13,3	6	0,167	0,210	1,608	1,61	1,61	1,62	1,62	1,62
21,2	4	0,157	0,197	1,017	1,02	1,02	1,03	1,03	1,04
26,67	3	0,154	0,194	0,820	0,820	0,820	0,835	0,835	0,843
33,6	2	0,148	0,187	0,623	0,656	0,656	0,641	0,673	0,682
42,4	1	0,151	0,187	0,492	0,525	0,525	0,515	0,546	0,557
53,5	1/0	0,144	0,180	0,394	0,427	0,394	0,419	0,450	0,433
67,4	2/0	0,141	0,177	0,328	0,328	0,328	0,357	0,357	0,373
85,0	3/0	0,138	0,171	0,253	0,269	0,259	0,288	0,302	0,310
107	4/0	0,135	0,167	0,203	0,220	0,207	0,244	0,258	0,266
127	250	0,135	0,171	0,171	0,187	0,177	0,217	0,230	0,246
152	300	0,135	0,167	0,144	0,161	0,148	0,197	0,210	0,223
177	350	0,131	0,164	0,125	0,141	0,128	0,181	0,193	0,208
203	400	0,131	0,161	0,108	0,125	0,115	0,170	0,181	0,198
253	500	0,128	0,157	0,089	0,105	0,095	0,156	0,166	0,184
304	600	0,128	0,157	0,075	0,092	0,082	0,149	0,158	0,178
380	750	0,125	0,157	0,062	0,079	0,069	0,139	0,147	0,172
507	1000	0,121	0,151	0,049	0,062	0,059	0,131	0,136	0,162

Para el circuito derivado No.1, de alumbrado general, de nuestro ejemplo, tenemos que la longitud a la salida más lejana es desde el tablero, hasta una de las luminarias de la cocina, de acuerdo a figura 4.17. Tambien se considera la distancia hacia el apagador correspondiente. Esta longitud es de:

$$\mathbf{L= 1{,}13 + 2{,}5 + 2{,}2 + 2{,}3 + 1{,}8 + 1{,}8 + 1{,}5 + 1{,}5 + 2 = 16{,}7\ m}$$

De acuerdo con la fórmula 4.5 de la página 176 y con la tabla indicada arriba, tenemos que la caída máxima de tensión en este circuito derivado, considerando el conductor de 3,31 mm2 (12 AWG) que calculamos por capacidad de conducción de corriente, es de (vamos a emplear conduits de PVC como canalización):

$$\Delta V = \frac{\mathbf{2\ (6{,}56\ ohm/km)\ (0{,}0167\ km)\ (11{,}87\ A)}}{\mathbf{127\ V \times 100}} = \mathbf{2{,}04\ \%}$$

Como la caída es menor al 3%, el calibre 3,31 mm2 (12 AWG) que se seleccionó por capacidad de conducción de corriente cumple también con caída de voltaje. En algunos casos, sin embargo, si la caída de voltaje en el alimentador es de 3%, la caída máxima de voltaje en el circuito derivado debe ser de 2%, para que el total sea de menos del 5%. Si este fuera el caso, sería necesario seleccionar un calibre mayor que cumpliera con una caída máxima de 2%. Seleccionando el calibre 5,26 mm2 (10 AWG), tenemos la siguiente caída de voltaje:

$$\Delta V = \frac{\mathbf{2\ (3{,}94\ ohm/km)\ (0{,}0167\ km)\ (11{,}87\ A)}}{\mathbf{127\ V \times 100}} = \mathbf{1{,}22\ \%}$$

De acuerdo con esto, con este calibre se cumple con una caída menor al 2%. En el caso del alimentador tenemos una distancia menor a 5 m. De acuerdo con la fórmula 4.5 (empleamos la fórmula para

circuitos monofásicos, ya que puede darse el caso crítico de que sólo una fase esté conectada y funcione como circuito monofásico), y a la tabla indicada arriba, tenemos que la caída máxima de tensión en este circuito, considerando el conductor de 21,2 mm² (4 AWG) que calculamos por capacidad de conducción de corriente, es de (vamos a considerar ducto de PVC como canalización):

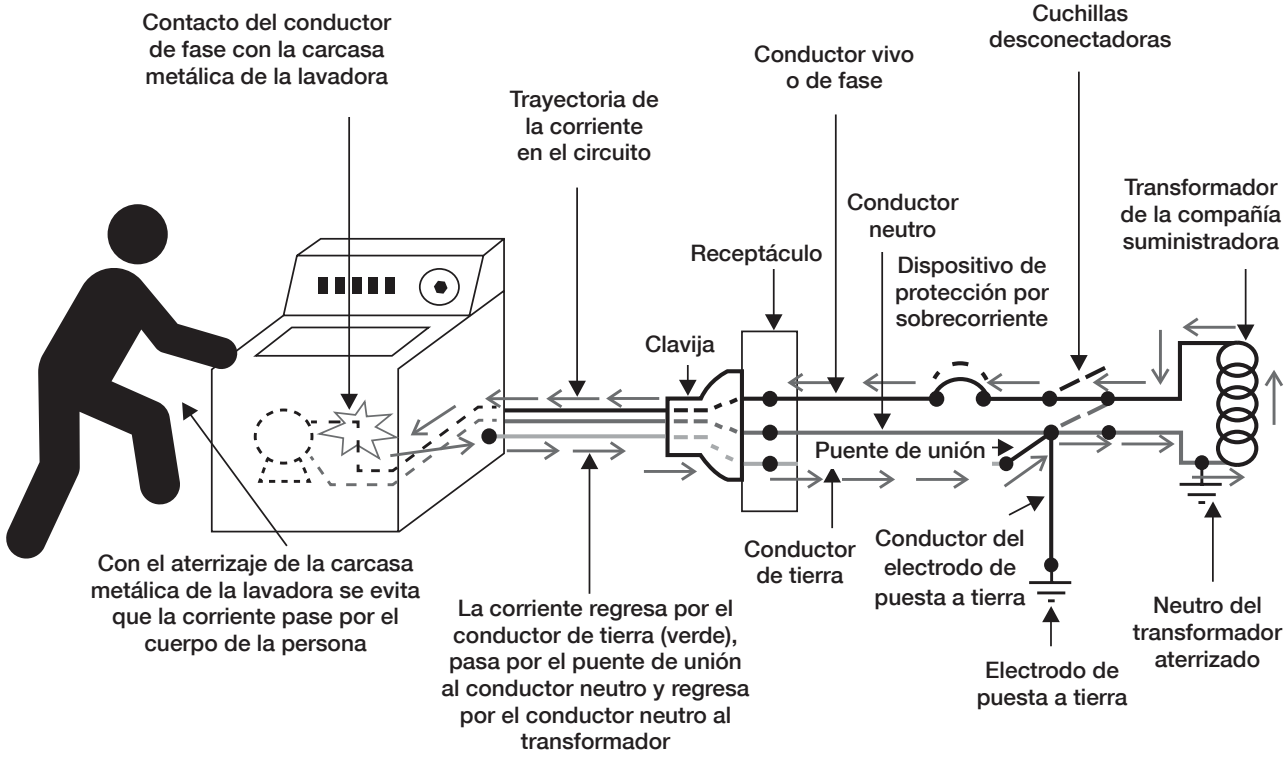
$$\Delta V = \frac{\mathbf{2(1{,}03\ ohm/km)\ (0{,}005\ km)\ (42{,}09\ A)}}{\mathbf{127\ V \times 100}}\ \mathbf{100 = 0{,}34\ \%}$$

De acuerdo con esto, la caída de voltaje en el alimentador es menor al 3 y al 2%, por lo que el conductor de 21,2 mm² (4 AWG) que calculamos por capacidad de conducción de corriente, cumple con la caída de voltaje requerida.

Selección de calibre de los conductores de puesta a tierra de equipos o de tierra

En la página 49 de este documento se explica la finalidad del aterrizaje de las partes metálicas de equipos y objetos, por medio del conductor de puesta a tierra de equipos o de tierra, el conductor del electrodo de puesta a tierra y el electrodo de puesta a tierra. También se menciona la finalidad del puente de unión que debe existir entre el conductor de tierra y el neutro, que se encuentra en el equipo de acometida.

En la siguiente figura se presenta un esquema en el que se muestra la puesta a tierra de partes metálicas de equipos y objetos, en la que se pueden apreciar sus componentes y su función.


Contacto del conductor de fase con la carcasa metálica de la lavadora
Trayectoria de la corriente en el circuito
Conductor vivo o de fase
Cuchillas desconectadoras
Conductor neutro
Transformador de la compañía suministradora
Receptáculo
Dispositivo de protección por sobrecorriente
Clavija
Puente de unión
Conductor de tierra
Conductor del electrodo de puesta a tierra
Neutro del transformador aterrizado
Electrodo de puesta a tierra
Con el aterrizaje de la carcasa metálica de la lavadora se evita que la corriente pase por el cuerpo de la persona
La corriente regresa por el conductor de tierra (verde), pasa por el puente de unión al conductor neutro y regresa por el conductor neutro al transformador

El regreso de la corriente por el neutro representa un camino de baja impedancia que produce un cortocircuito, para que el dispositivo de protección por sobrecorriente opere y desconecte el circuito.

Símbolo usado para el aterrizaje.

El aterrizaje comprende la interconexión de todas las envolventes metálicas del circuito y su conexión a tierra. Estas envolventes son: carcasas metálicas de equipos, canalizaciones metálicas, cajas de conexión metálicas, partes metálicas de tableros, contactos, interruptores, etc.
De acuerdo con la sección 250-122, de la NOM-001-SEDE-2012, el tamaño nominal de los conductores de puesta a tierra de equipo, de cobre o aluminio, no debe ser inferior a los especifiacado en la siguiente tabla 250-122.

Tabla 250-122.-
Tamaño mínimo de los conductores de puesta a tierra para canalizaciones y equipos

Capacidad o ajuste del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos, canalizaciones, etc., sin exceder de: (amperes)	Tamaño			
	Cobre		Cable de aluminio o aluminio con cobre	
	mm²	AWG o kcmil	mm²	AWG o kcmil
15	2,08	14	___	___
20	3,31	12	___	___
60	5,26	10	___	___
100	8,37	8	___	___
200	13,30	6	21.20	4
300	21,20	4	33.60	2
400	33,60	2	42.40	1
500	33,60	2	53.50	1/0
600	42,40	1	67.40	2/0
800	53,50	1/0	85.00	3/0
1 000	67,40	2/0	107	4/0
1 200	85,00	3/0	127	250
1 600	107	4/0	177	350
2 000	127	250	203	400
2 500	177	350	304	600
3 000	203	400	304	600
4 000	253	500	380	750
5 000	355	700	608	1 200
6 000	405	800	608	1 200

Para el circuito derivado No. 1, de alumbrado general, como el dispositivo de protección contra sobrecorriente es de 15 A, le corresponde un conductor de puesta a tierra de cobre de 2,08 mm2 (14 AWG). Para el circuito alimentador, como el dispositivo de protección contra sobrecorriente es de 60A por cada fase, le corresponde un conductor de puesta a tierra de cobre de 5,26 mm2 (10 AWG).

Selección del calibre del conductor del electrodo de puesta a tierra

En las figuras 4.30 y 4.32 se muestran las conexiones y la localización del conductor del electrodo de puesta a tierra, en nuestro ejemplo. El tamaño nominal del conductor del electrodo de puesta a tierra de una instalación de c.a. no debe ser inferior a lo especificado en la tabla 250-66, de la NOM-001-SEDE-2012, la cual reproducimos a continuación:

Tabla 250-66.-
Conductor del electrodo de puesta a tierra para sistemas de corriente alterna

Tamaño nominal del mayor conductor de entrada a la acometida o sección equivalente de conductores en paralelo mm² (AWG o kcmil)		Tamaño nominal del conductor al electrodo de tierra mm² (AWG o kcmil)	
Cobre	Aluminio	Cobre	Aluminio
33,6 (2) o menor	53,5 (1/0) o menor	8,37 (8)	13,3 (6)
42,4 ó 53,5 (1 ó 1/0)	67,4 ó 85,0 (2/0 ó 3/0)	13,3 (6)	21,2 (4)
67,4 ó 85,0 (2/0 ó 3/0)	4/0 ó 250 kcmil	21,2 (4)	33,6 (2)
Más de 85,0 a 177 (3/0 a 350)	Más de 127 a 253 (250 a 500)	33,6 (2)	53,5 (1/0)
Más de 177 a 304 (350 a 600)	Más de 253 a 456 (500 a 900)	53,5 (1/0)	85,0 (3/0)
Más de 304 a 557,38 (600 a 1 100)	Más de 456 a 887 (900 a 1 750)	67,4 (2/0)	107 (4/0)
Más de 557,38 (1 100)	Más de 887 (1 750)	85,0 (3/0)	127 (250)

"Cuando no hay conductores de acometida, el tamaño del conductor del electrodo de puesta a tierra se deberá determinar por el tamaño equivalente del conductor más grande de acometida requerido para la carga a alimentar.
[a] Esta tabla también aplica para los conductores derivados de sistemas derivados separados de corriente alterna.
[b] Ver 250-64(a) para restricciones de la instalación."

De acuerdo con la sección 250-64, inciso b) de la NOM-001-SEDE-2012, un conductor del electrodo de puesta a tierra o su envolvente debe sujetarse firmemente a la superficie sobre la que va instalado. Un conductor de cobre o aluminio de 21,2 mm² (4 AWG) o superior se debe proteger si está expuesto a daño físico severo. Se puede llevar un conductor de puesta a tierra de 13,3 mm² (6 AWG) que no esté expuesto a daño físico, a lo largo de la superficie del edificio sin tubería o protección metálica, cuando esté sujeto firmemente al edificio; si no, debe ir en tubo (conduit) metálico tipo pesado, semipesado, ligero, en tubo (conduit) no metálico tipo pesado o en cable armado. Los conductores de puesta a tierra de tamaño nominal inferior a 13,3 mm² (6 AWG) deben alojarse en tubo (conduit) metálico tipo pesado, semipesado, ligero, en tubo (conduit) no metálico tipo pesado o en cable armado. Esta sección también indica que las envolventes metálicas del conductor del electrodo de puesta a tierra deben ser eléctricamente continuas desde el punto de conexión a los envolventes o equipo hasta el electrodo de puesta a tierra, y deben estar sujetas firmemente a las abrazaderas o herrajes de tierra. Las envolventes metálicas que no sean continuas físicamente desde el envolvente o equipo hasta el electrodo de puesta a tierra, se deben hacer eléctricamente continuas mediante un puente de unión de sus dos extremos al

conductor de puesta a tierra. Para nuestro ejemplo, suponemos un conductor de entrada a la acometida de 21,2 mm^2 (4 AWG), ya que el alimentador tiene ese calibre y la acometida no puede tener un conductor menor. De acuerdo con esto, el conductor de cobre del electrodo de puesta a tierra debe tener un tamaño míimo de 8,37mm2 (8 AWG). Por protección lo vamos a alojar dentro de una tubería metálica, y los extremos de esta tubería van a estar en contacto eléctrico con el conductor del electrodo de puesta a tierra.

Electrodo de puesta a tierra

En las figuras 4.27 y 4.29 de las páginas 228 y 230, respectivamente, se muestran la conexión y la localización del electrodo de puesta a tierra, en nuestro ejemplo. De acuerdo con la secciones 250-52 y 250-53 de la NOM-001-SEDE-2012, uno o varios de los siguientes sistemas interconectados entre sí, se consideran como electrodos de puesta a tierra.

Los electrodos permitidos para puesta a tierra son los que se indican de (a) a (d). En ningún caso se permite que el valor de resistencia a tierra del sistema de electrodos de puesta a tierra sea superior a 25 Ω.

Tubería metálica subterránea para agua. Una tubería metálica subterránea para agua en contacto directo con la tierra a lo largo de 3 m o más (incluidos los ademes metálicos de pozos efectivamente unidos a la tubería) y con continuidad eléctrica (o continua eléctricamente mediante la unión de las conexiones alrededor de juntas aislantes, o secciones aislantes de tubos) hasta los puntos de conexión del conductor del electrodo de puesta a tierra y de los conductores de unión. La continuidad de la trayectoria de puesta a tierra o de la conexión de unión de la tubería interior no se debe hacer a través de medidores de consumo de agua, filtros o equipos similares. Una tubería metálica subterranea para agua se debe complementar mediante un electrodo adicional del tipoo especificado en 250-53, inicso d), subinciso 2). Se permite que este electrodo de puesta a tierra suplementario esté unido al conductor del electrodo de puesta a tierra, al conductor de la acometida puesto a tierra, la canalización de la acometida puesta a tierra o cualquier envolvente de la acometida puesto a tierra.

Cuando este electrodo suplementario sea prefabricado como se establece en 250-53(g) ó 250-53(h), se permite que la parte del puente de unión que constituya la única conexión con dicho electrodo suplementario no sea mayor que un cable de cobre de 13,3 mm^2 (6 AWG) o un cable de aluminio de 21,2 mm^2 (4 AWG).

Excepción: Se permite que el electrodo de puesta a tierra suplementario vaya conectado a la tubería metálica interior para agua en cualquier punto que resulte conveniente, como se exlplica en la Excepción de 250-68(c)(1).

Acero estructural del edificio o estructura. El acero estructural de un edificio o estructura, cuando está conectada a la tierra mediante uno o mas de los métodos indicados en 250-52, iniciso a), subinciso 2), la NOM-001-SEDE-2012.

Electrodo recubierto en concreto. Un electrodo empotrado como mínimo 50 mm en concreto, localizado en y cerca del fondo de un cimiento o zapata que esté en contacto directo con la tierra y que conste como mínimo de 6 m de una o más varillas de acero desnudo o galvanizado o revestido de cualquier otro recubrimiento eléctricamente conductor, de no menos de 13 mm de diámetro o como mínimo 6 m de conductor de cobre desnudo de tamaño nominal no inferior a 21,2 mm^2 (4 AWG).

Anillo de tierra. Un anillo de tierra que rodee el edificio o estructura, en contacto directo con la tierra y a una profundidad mínima de 75 cm que conste como mínimo de 6 m de conductor de cobre desnudo de tamaño nominal no inferior a 33,6 mm^2 (2 AWG).

Otros sistemas o estructuras metálicas subterráneas locales. Otros sistemas o estructuras subterráneas metálicas locales, tales como sistemas de tuberías, tanques subterráneos y el ademe metálico de pozos subterráneos que no están unidos a una tubería metálica para agua.

Electrodos de varilla o tubería. Los electrodos de varilla y no deben tener menos de 2,44 m de longitud, deben ser del material especificado a continuación y estar instalados del siguiente modo:

1) Los electrodos de puesta a tierra consistentes en tubería o tubo (conduit) no deben tener un tamaño nominal inferior a 21 mm (diámetro) y, si son de hierro o acero, deben tener su superficie exterior galvanizada o revestida de cualquier otro metal que los proteja contra la corrosión.
2) Los electrodos de puesta a tierra tipo varilla de acero inoxidable o de acero recubierto con cobre o zinc deben tener como mínimo 16 milímetros de diámetro.
3) El electrodo se debe instalar de manera que al menos una longitud de 2.44 metros esté en contacto con la tierra. Se debe enterrar a una profundidad mínima de 2.44 metros a menos que, cuando se encuentre roca en la parte baja, el electrodo se debe enterrar en un ángulo oblicuo no mayor de 45 grados respecto a la vertical o, cuando se encuentra un fondo rocoso en un ángulo de más de 45 grados, se debe permitir que el electrodo se entierre en una zanja de por lo menos 75 centímetros de profundidad. El extremo superior del electrodo debe estar a nivel o por debajo del nivel del suelo, a menos que el extremo superior que está encima del suelo y el dispositivo para conectar el conductor del electrodo de puesta a tierra estén protegidos contra daños físicos, tal como se especifica en 250-10.

Electrodos de placas. Los electrodos de puesta a tierra de placas deben tener en contacto con el suelo un mínimo de 0,2 m^2 de superficie y se deben instalar a una distancia mínima de 75 cm por debajo de la superficie de la tierra.. Los electrodos de puesta a tierra de placas de hierro o de acero deben tener un espesor mínimo de 6,4 mm. Los electrodos de puesta a tierra de metales no ferrosos deben tener un espesor mínimo de 1,52 mm.

No se deben usar como electrodos de puesta a tierra de sistemas eléctricos y de equipo los siguientes:

a) Un sistema de tubería metálica subterránea de gas.
b) Electrodos de aluminio.
c) Conductores de puesta a tierra de pararrayos ni tubos, varillas u otros electrodos fabricados utilizados para poner a tierra las bajadas de los pararrayos. Esto no impide cumplir con los requisitos de conexión de los electrodos de puesta a tierra de diversos sistemas, ya que si se interconectan todos los electrodos de puesta a tierra de distintos sistemas, limitan la diferencia de potencial entre ellos y entre sus correspondientes sistemas de alambrado. De acuerdo con la sección NOM-001-SEDE-2012, las canalizaciones, envolventes, estructuras y otras partes metálicas de equipo eléctrico que no transporten normalmente corriente eléctrica, se deben mantener alejadas 1,8 m como mínimo de los conductores de bajada de las varillas pararrayos o deberán interconectarse cuando la distancia a los conductores sea inferior a 1,8 m.

De acuerdo con el artículo 250-50 de la NOM-001-SEDE-2012, un electrodo único especialmente construido que consista en una varilla, tubería o placa y que no tenga una resistencia a tierra de 25 Ω o menos, se debe complementar con un electrodo adicional de cualquiera de los tipos indicados. Cuando se instalen varios electrodos de barras, tubos o placas, se deben colocar a una distancia mínima de 1,8 m entre sí y deben estar efectivamente conectados entre sí. La instalación en paralelo de varillas de más de 2,4 m aumenta la eficiencia si se separan más de 1,8 m.

Para nuestro ejemplo vamos a considerar un electrodo de puesta a tierra que consiste en una varilla de acero recubierta de cobre de 3 m de largo con un diámetro de 16 mm. Esta varilla va a estar enterrada en el terreno donde indica la figura 4.29 de la página 230.

Selección de la tubería conduit

El artículo 100 de la NOM-001-SEDE-2012, proporciona las siguientes definiciones:

- Canalización: Canal cerrado de materiales metálicos o no metálicos expresamente diseñado para contener alambres, cables o barras conductoras.
- Tubo conduit: Sistema de canalización diseñado y construido para alojar conductores en instalaciones eléctricas, de forma tubular, sección circular.

Para instalaciones de unidades de vivienda en México se usa por lo general tubo (conduit). El tamaño mínimo del tubo (conduit) se selecciona en función del tamaño y número de conductores que va a alojar. El número de conductores en un tubo (conduit) no debe exceder el porcentaje de ocupación indicado en la tabla 1 del capítulo 10, de la NOM-001-SEDE-2012, la cual reproducimos a continuación:

Tabla 1.-
Porcentaje de la sección transversal en tubo conduit y en tubería para los conductores

Número de conductores	Uno	Dos	Más de dos
Todos los tipos de conductores	53	31	40

NOTA: Esta tabla 10-1 se basa en las condiciones más comunes de cableado y alineación de los conductores, cuando la longitud de los tramos y el número de curvas de los cables están dentro de límites razonables. Sin embargo, en determinadas condiciones se podrá ocupar una parte mayor o menor de los conductos.

Para calcular el porcentaje de ocupación de los tubos se emplea la siguiente fórmula:

$$POC = \frac{ATC}{ATIT}\ 100 \qquad (4.8)$$

Donde:
POC = Porcentaje de ocupación del tubo (conduit)
ATC = Suma de las áreas transversales de cada cable que va a alojar el tubo, en mm^2. El área transversal de cada cable se calcula con la siguiente fórmula:

$$AC = \frac{3{,}1416}{4}\ DEC^2 \qquad (4.9)$$

Donde:
AC = Área transversal de cable, en mm^2
DEC = Diámetro exterior del cable, en mm
ATIT = Área transversal interna del tubo (conduit), en mm^2. El área transversal interna del tubo (conduit) se calcula con la siguiente fórmula:

$$ATIT = \frac{3{,}1416}{4}\ DIT^2 \qquad (4.10)$$

Donde:
DIT = Diámetro interno del tubo (conduit), en mm

Para calcular el porcentaje de ocupación de los cables en tubo (conduit), se deben tener en cuenta los conductores de puesta a tierra de los equipos, cuando se utilicen. En los cálculos se debe utilizar la dimensión real y total de los conductores, tanto si están aislados como desnudos.

Cuando se instalen tres conductores o cables en la misma canalización, si la relación entre el diámetro interior de la canalización y el diámetro exterior del cable o conductor está entre 2.8 y 3,2 se podrían atascar los cables dentro de la canalización, por lo que se debe instalar una canalización de tamaño inmediato superior. Aunque también se pueden atascar los cables dentro de una canalización cuando se utilizan cuatro o más, la probabilidad de que esto suceda es muy baja.

Las dimensiones internas de los diferentes tipos de tubo conduit metálico están dadas por la tabla 4, del capitulo 10, de la NOM-001-SEDE-2012.

Tabla 4.-

Dimensiones y porcentaje disponible para los conductores del área del tubo conduit no metálico ligero tipo ENT, tubo conduit metálico ligero tipo EMT y tubo conduit metálico semipesado tipo IMC

Tubo conduit no metálico ligero tipo ENT

Designación métrica	Tamaño comercial	Diámetro interno	100% del área total	60% del área total	Un conductor fr= 53%	Dos conductores fr= 31%	Más de 2 conductores fr= 40%
		mm	mm^2	mm^2	mm^2	mm^2	mm^2
16	1/2	14.2	158	95	84	49	63
21	3/4	19.3	293	176	155	91	117
27	1	25.4	507	304	269	157	203
35	1 1/4	34	908	545	481	281	363
41	1 1/2	39.9	1 250	750	663	388	500
53	2	51.3	2 067	1 240	1 095	641	827
63	2 1/2	___	___	___	___	___	___
78	3	___	___	___	___	___	___
91	3 1/2	___	___	___	___	___	___

Tubo conduit metálico ligero tipo EMT

Designación métrica	Tamaño comercial	Diámetro interno	100% del área total	60% del área total	Un conductor fr= 53%	Dos conductores fr= 31%	Más de 2 conductores fr= 40%
		mm	mm^2	mm^2	mm^2	mm^2	mm^2
16	1/2	15.8	196	118	104	61	78
21	3/4	20.9	343	206	182	106	137
27	1	26.6	556	333	295	172	222
35	1 1/4	35.1	968	581	513	300	387
41	1 1/2	40.9	1 314	788	696	407	526
53	2	52.5	2 165	1 299	1 147	671	866
63	2 1/2	69.4	3 783	2 270	2 005	1 173	1 513
78	3	85.2	5 701	3 421	3 022	1 767	2 280
91	3 1/2	97.4	7 451	4 471	3 949	2 310	2 980
103	4	110.1	9 521	5 712	5 046	2 951	3 808

Tubo conduit metálico semipesado tipo IMC

Designación métrica	Tamaño comercial	Diámetro interno	100% del área total	60% del área total	Un conductor fr= 53%	Dos conductores fr= 31%	Más de 2 conductores fr= 40%
		mm	mm^2	mm^2	mm^2	mm^2	mm^2
12	2/8	___	___	___	___	___	___
16	1/2	16.80	222	133	117	69	89
21	3/4	21.90	377	226	200	117	151
27	1	28.10	620	372	329	192	248
35	1 1/4	36.80	1 064	638	564	330	425
41	1 1/2	42.70	1 432	859	759	444	573
53	2	54.60	2 341	1 405	1 241	726	937
63	2 1/2	64.90	3 308	1 985	1 753	1 026	1 323
78	3	80.70	5 115	3 069	2 711	1 586	2 046
91	3 1/2	93.20	6 822	4 093	3 616	2 115	2 729
103	4	105.40	8 725	5 235	4 624	2 705	3 490

Para otros tipos de tubos conduit, consultar la tabla 4 del capitulo 10 de la NOM-001-SEDE-2012.

Para tubo (conduit) flexible metálico o no-metálico y para tubo (conduit) de PVC y de polietileno, los cálculos deberán basarse en las dimensiones interiores reales proporcionadas por el fabricante o indicadas en la norma de producto.

Las dimensiones de los cables se proporcionan en la tabla 5, de la NOM-001-SEDE-2012, la cual reproducimos a continuación:

Tabla 5.-
Dimensiones de algunos tipos de conductores aislados para baja tensión (600 V)

Tamaño o designación		Tipos THW, THHW y THW-2		Tipos RHH, RHW, y RHW-2		Tipos XHHW y XHHW-2	
mm²	AWG 0 kcmil	Diámetro Aprox. mm	Área Aprox. mm²	Diámetro Aprox. mm	Área Aprox. mm²	Diámetro Aprox. mm	Área Aprox. mm²
2.08	14	3.378	8.968	4.902	18.90	3.378	8.968
3.31	12	3.861	11.68	5.385	22.77	3.861	11.68
5.26	10	4.470	15.68	5.994	28.19	4.470	15.68
8.37	8	5.994	28.19	8.280	53.87	5.994	28.19
13.3	6	7.722	46.84	9.246	67.16	6.960	38.06
21.2	4	8.941	62.77	10.46	86.00	8.179	52.52
26.7	3	9.652	73.16	11.18	98.13	8.890	62.06
33.6	2	10.46	86.00	11.99	112.9	9.703	73.94
42.4	1	12.50	122.6	14.78	171.6	11.23	98.97
53.5	1/0	13.51	143.4	15.80	196.1	12.24	117.7
67.4	2/0	14.68	169.3	16.97	226.1	13.41	141.3
85.0	3/0	16.00	201.1	18.29	262.7	14.73	170.5
107	4/0	17.48	239.9	19.76	306.7	16.21	206.3
127	250	19.43	296.5	22.73	405.9	17.91	251.9
152	300	20.83	340.7	24.13	457.3	19.30	292.6
177	350	22.12	384.4	25.43	507.7	20.60	333.3
203	400	23.32	427.0	26.62	556.5	21.79	373.0
253	500	25.48	509.7	28.78	650.5	23.95	450.6
304	600	28.27	627.7	31.57	782.9	26.75	561.9
355	700	30.07	710.3	33.38	874.9	28.55	640.2
380	750	30.94	751.7	34.24	920.8	29.41	679.5
405	800	31.75	791.7	35.05	965.0	30.23	717.5
456	900	33.38	874.9	36.68	1 057	31.85	796.8
507	1 000	34.85	953.8	38.15	1 143	33.32	872.2

* Los cables tipo RHH, RHW, RHW-2, sin recubrimiento exterior.

Nota: Para designaciones diferentes consultar la tabla 5 de NOM-001-SEDE-2012

Para nuestro ejemplo vamos a seleccionar el tubo conduit de PVC del circuito derivado No.1 de la canalización que va entre las dos lámparas de la cochera (veáse figura 4,33). Esta canalización lleva los siguientes cables: Tres conductores de circuito derivado No.1 (el neutro que va al contacto con interruptor de falla a tierra, la fase que va al apagador y al contacto con interruptor de falla a tierra y el conductor de retorno a las lámparas), más dos conductores del circuito derivado No. 5 (fase y el neutro) más un conductor de puesta a tierra. De acuerdo con nuestro cálculo, el tamaño de los conductores del circuito derivado No. 1 son de 3,31mm2 (12 AWG), los conductores del circuito derivado No. 5 son de 5,26mm2 (10 AWG) y el conductor de tierra es de 3,31mm2 (12 AWG), de acuerdo a la tabla 250-122.

De acuerdo con la tabla 5 de la NOM-001-SEDE-2012, el área transversal de un conductor THW-LS de 5,26 mm^2 (10 AWG) es de 15,7 mm^2 y el área transversal de un conductor THW-LS de 3,31 mm^2 (12AWG) es de 11,7 mm^2. La suma de las áreas transversales de cada cable que va a alojar el tubo es de 2 x 15,7 + 4 x 11,7 = 78,2 mm^2

De acuerdo con la fórmula 4.8 de este documento, el porcentaje de ocupación de los cables para el tubo (conduit) de 13 mm es de:

$$\mathbf{POC = \frac{78,2}{158}\ 100 = 49,49\ \%}$$

Que es mayor al 40% permitido por la tabla 1 de la NOM-001-SEDE-2012, para más de dos conductores en un tubo, por lo que se requiere una tubería mayor.

$$\mathbf{POC = \frac{78,2}{293}\ 100 = 26,68\ \%}$$

Selección de las salidas, cajas de jalado y de empalmes y cajas de paso

De acuerdo con la sección 300-15 de la NOM-001-SEDE-2012, Se debe instalar una caja en cada salida y punto de interrupción para alambrado oculto.

Deben instalarse cajas de registro en cada punto de empalme de conductores, salida, punto de cambio o de unión, punto de jalado para la conexión de los cables tipo AC, cables MC, cables con cubierta metálica, cables con cubierta no metálica u otros cables. Debe instalarse una caja de registro en el punto de conexión entre tal sistema de cables y un sistema de canalización, y entre cada salida y el punto de cambio para instalaciones ocultas sobre aisladores.

De acuerdo con la sección 300-14 de la NOM-001-ESEDE-2012, en cada salida, punto de conexiones y de interrupción se debe dejar libre, para empalmes o para la conexión de luminarias o dispositivos, una longitud de 15 centímetros como mínimo, a excepción de los conductores que no son empalmados o que terminan en cajas de salida o puntos de conexión.

De acuerdo con la sección 314-4, de la NOM-001-SEDE 2012, todas las cajas metálicas deben estar puestas a tierra.

La sección 314-16, de la NOM-001-SEDE-2012 indica que las cajas y cajas de paso deben ser de tamaño suficiente para que quede espacio libre para todos los conductores instalados. El volumen ocupado calculado debe ser mayor o igual a la capacidad mínima o volumen de la caja. En tabla 314-16(a) de la NOM-001-SEDE-2012 se muestran las capacidades mínimas de las cajas metálicas de tamaño comercial y el máximo número de conductores del mismo tamaño que pueden contener. La forma de contar el número de conductores que se pueden instalar en una caja, de acuerdo con la tabla tabla 314-16(a), es la siguiente:

a) Cada conductor que proceda de fuera de la caja y termine o esté empalmado dentro de la caja se debe contar una vez.
b) Cada conductor que pasa a través de la caja sin empalmes ni terminaciones, se debe contar una vez.

A continuación reproducimos la tabla 314-16(a) :

Tabla 314-16 (a)
Cajas metálicas

Tamaño comercial de la caja		Volumen mínimo	Número máximo de conductores* mm² (AWG)						
Centímetros		cm³	0,824 (18)	1,31 (16)	2,08 (14)	3,31 (12)	5,26 (10)	8,37 (8)	13,3 (6)
10 x 3,2	Redonda/ Octagonal	205	8	7	6	5	5	5	2
10 x 3,8	Redonda/ Octagonal	254	10	8	7	6	6	5	3
10 x 5,4	Redonda/ Octagonal	353	14	12	10	9	8	7	4
10 x 3,2	Cuadrada	295	12	10	9	8	7	6	3
10 x 3,8	Cuadrada	344	14	12	10	9	8	7	4
10 x 5,4	Cuadrada	497	20	17	15	13	12	10	6
12 x 3,2	Cuadrada	418	17	14	12	11	10	8	5
12 x 3,8	Cuadrada	484	19	16	14	13	11	9	5
12 x 5,4	Cuadrada	689	28	24	21	18	16	14	8
7,50 x 5 x 3,8	De dispositivo	123	5	4	3	3	3	2	1
7,50 x 5 x 5	De dispositivo	164	6	5	5	4	4	3	2
7,50 x 5 x 5,7	De dispositivo	172	7	6	5	4	4	3	2
7,50 x 5 x 6,5	De dispositivo	205	8	7	6	5	5	4	2
7,50 x 5 x 7	De dispositivo	230	9	8	7	6	5	4	2
7,50 x 5 x 9	De dispositivo	295	12	10	9	8	7	6	3
10 x 5,40 x 3,8	De dispositivo	169	6	5	5	4	4	3	2
10 x 5,40 x 4,8	De dispositivo	213	8	7	6	5	5	4	2
10 x 5,40 x 5,4	De dispositivo	238	9	8	7	6	5	4	2
9,50 x 5 x 6,5	Caja / Tándem de mampostería	230	9	8	7	6	5	4	2
9,50 x 5 x 9	Caja / Tándem de mampostería	344	14	12	10	9	8	7	4
Profundidad mínima 4.45	FS - Cubierta / Tándem individual	221	9	7	6	6	5	4	2
Profundidad mínima 6.03	FS - Cubierta / Tándem individual	295	12	10	9	8	7	6	3
Profundidad mínima 4.45	FS - Cubierta / Tándem múltiples	295	12	10	9	8	7	6	3
Profundidad mínima 6.03	FS - Cubierta / Tándem múltiples	395	16	13	12	10	9	8	4

* Cuando no es requerido considerar volumen por 314-16 (b) (2) hasta (b) (5).

Las cajas que no coincidan con las de la tabla deben traer marcado su volumen en cm³.

Cuando en una caja se tengan cables de diferente tamaño, abrazaderas, accesorios de soporte, equipos o dispositivos y conductores de puesta a tierra de equipo, el volumen ocupado se debe calcular como la suma del volumen ocupado por cada uno de ellos. El volumen ocupado por cada elemento dentro de la caja se toma de acuerdo con lo siguiente; no se toma en cuenta el volumen de accesorios pequeños, como tuercas y boquillas:

1. *Volumen ocupado por los conductores.* El volumen ocupado por cada conductor en cm^3 se debe calcular a partir de la tabla 314-16(b) de la NOM-001-SEDE-2012, que reproducimos a continuación. No se deben contar los conductores que no salgan de la caja.

Tabla 314-16(b).-
Volumen que es requerido considerar para cada conductor

Tamaño o designación		Espacio libre dentro de la caja para cada conductor
mm^2	AWG	cm^3
0,824	18	24.6
1,31	16	28.7
2,08	14	32.8
3,31	12	36.9
5,26	10	41
8,37	8	49.2
13,3	6	81.9

2. *Volumen ocupado por las abrazaderas.* Donde hay una o más abrazaderas internas para cables, suministradas de fábrica o instaladas en obra, se debe dejar un volumen tal como el que se indica en la tabla 314-16(b) para el conductor de mayor tamaño nominal que haya en la caja. No se deben dejar tolerancias de volumen para conectadores cuyo mecanismo de sujeción quede fuera de la caja.

3. *Volumen ocupado por los accesorios de soporte.* Cuando hay en la caja uno o más accesorios o casquillos para aparatos, se debe dejar un volumen tal como el que se indica en la tabla 314-16(b) para el conductor de mayor tamaño nominal que haya en la caja por cada accesorio. Ejemplo de accesorios de soporte son los que sostienen a las lámparas.

4. *Volumen ocupado por equipos o dispositivos.* Para cada abrazadera que contenga uno o más equipos o dispositivos, se debe dejar un volumen doble del que se indica en la tabla 314-16(b) para el conductor de mayor tamaño nominal que haya en la caja por cada equipo o dispositivo soportado por esa abrazadera. Ejemplos de dispositivos incluidos aquí son los receptáculos o contactos y los apagadores.

5. *Volumen ocupado por los conductores de puesta a tierra de equipo.* Cuando entre en una caja uno o más conductores de puesta a tierra de equipo, se debe dejar un volumen tal como el que se indica en la tabla 314-16(b) para el conductor de tierra de mayor tamaño nominal que haya en la caja. Cuando en la caja se encuentren otros conductores de puesta a tierra de equipo, se debe calcular un volumen adicional equivalente al del conductor adicional de tierra de mayor tamaño nominal. Para

nuestro ejemplo, vamos a calcular el tamaño en la caja de la lámpara que está en la cochera que se interconecta con el apagador y la salida donde está instalado el contacto con interruptor de falla a tierra (véase figura 4.33). Esta caja contiene los siguientes 6 cables:

- Dos conductores de tamaño 5,26 mm^2 (10 AWG) del circuito derivado no. 5, los cuales pasan a través de la caja. De acuerdo con el punto 1 indicado arriba, el volumen que se debe dejar para cada cable de tamaño 5,26 mm^2 (10 AWG) es de 41 cm^3; por lo tanto el volumen que se debe dejar para estos conductores es de 2x41 cm^3 = 82 cm^3.
- Tres conductores de tamaño 3,31 mm^2 (12 AWG) del circuito derivado No. 1, de los cuales 1 pasa a través de la caja y dos conductores se derivan a la lámpara; de acuerdo con el inciso a) y b) indicado arriba, estos cables son contados una sola vez. De acuerdo con el punto 1 indicado arriba, el volumen que se debe dejar para cada cable de tamaño 3,31 mm^2 (12 AWG) es de 36.9 cm^3; por lo tanto el volumen que se debe dejar para estos conductores es de 3x36.9 cm^3 = 110.7 cm^3.
- Un conductor de puesta a tierra de tamaño 3,31 mm^2 (12 AWG). De acuerdo con el punto 1 indicado arriba, el volumen que se debe dejar para el conductor de puesta a tierra es de 36.9 cm^3.
- En la caja debe existir un accesorio de soporte de la luminaria. De acuerdo con el punto 3 indicado arriba, el volumen que se debe dejar para este accesorio es una vez el volumen del conductor de mayor tamaño, que este caso sería de 5,26 mm^2 (10 AWG).De acuerdo con el punto 1 indicado arriba, el volumen que se debe dejar es de 41 cm^3.

De acuerdo con lo anterior, el volumen mínimo que debe tener la caja es de:

$$82\ cm^3 + 110.7\ cm^3 + 36.9\ cm^3 + 41\ cm^3 = 270.6\ cm^3$$

Para este caso se puede emplear una emplear una caja redonda u octagonal 10,2 x 5,4 cm^3, que tiene una capacidad de 352 cm^3, véase tabla 314-16(a), de la NOM-001-SEDE-2012.

En caso de que en lugar de la lámpara existiera un apagador o un receptáculo, de acuerdo con el punto 4 indicado arriba, se tendría que considerar un volumen de dos veces el del conductor mayor, o sea del de 5,26 mm^2 (10 AWG), en lugar del volumen considerado para el accesorio de soporte del foco o lámpara. En pocas palabras, se tendría que considerar un volumen de 2 x 41 cm^3 = 82 cm^3.

De acuerdo con la sección 314-16 inciso (c) subinciso (3) de la NOM-001-SEDE-2012 las cajas de paso (como los codos con tapas y los codos de entrada de acometidas dentro de los cuales se instalen conductores de tamaño nominal de 13,3 mm^2 (6 AWG) o menores, y que sólo estén previstos para completar la instalación de la canalización y los conductores contenidos en ella) no deben contener empalmes, salidas, ni dispositivos y deben ser de tamaño suficiente como para dejar espacio libre para todos los conductores incluidos en ellos.

De acuerdo con la sección 370-16, inciso c), de la NOM-001-SEDE-2012, las cajas de paso que contengan conductores de tamaño nominal de 13,3 mm^2 (6 AWG) o menores, y que sean distintos a las cajas de paso mencionadas en el párrafo anterior, deben tener un área de sección transversal no menor al doble del área de la sección transversal del mayor tubo (conduit) al que estén unidas. El número máximo de conductores permitidos debe corresponder al número máximo permitido para el tubo (conduit) unido al registro. Las cajas de paso no deben contener empalmes, conexiones ni dispositivos, excepto si están marcados por el fabricante de modo legible y duradero con su capacidad en cm^3. El número máximo de conductores se debe calcular mediante el mismo procedimiento indicado arriba.

De acuerdo con la sección 314-24, de la NOM-001-SEDE-2012, ninguna caja de salida debe tener una profundidad inferior a 12,7 mm. Las cajas de salida proyectadas para contener dispositivos que queden a nivel deben tener una profundidad interior no menor a 23,8 mm.

De acuerdo con la sección 314-28, inciso a), de la NOM-001-SEDE-2012, en canalizaciones que contengan conductores de 21,2 mm^2 (4 AWG) o mayores y para los cables que contengan conductores de 21,2 mm^2 (4 AWG) o mayores, las dimensiones mínimas de las cajas de empalmes o de paso instaladas en la canalización o en el tramo del cable, deben cumplir lo siguiente:

1. Tramos rectos. En los tramos rectos, la longitud de la caja no debe ser menor a ocho veces el diámetro nominal de la canalización más grande.

2. Dobleces en ángulo o en U. Cuando se hagan dobleces en ángulo o en U, la distancia entre la entrada de cada canalización a la caja y la pared opuesta de la misma no debe ser menor a seis veces el mayor diámetro nominal de la canalización más grande de una fila. Si se añaden nuevas entradas, esta distancia se debe aumentar en una cantidad que sea la suma de los diámetros de todas las demás canalizaciones que entran en la misma fila o por la misma pared de la caja. Cada fila debe calcularse por separado y tomar la máxima distancia.

   La distancia entre las entradas de la canalización que contenga el mismo cable no debe ser menor a seis veces el diámetro de la canalización más grande. Si en lugar del tamaño de la canalización en los anteriores apartados, 1. y 2., se toma el tamaño nominal del cable, se debe utilizar el tamaño nominal mínimo a la canalización para el número y tamaño de los conductores del cable.

3. Se permite utilizar cajas o cajas de paso de dimensiones menores a las establecidas en los anteriores apartados, 1. y 2., en instalaciones con varios conductores que ocupen menos del máximo permitido en cada tubo (conduit) –de los que se utilicen en la instalación–, siempre que la caja o caja de paso hayan sido aprobados para ese uso y estén permanentemente marcados con el número y tamaño nominal máximo permitidos en los conductores.

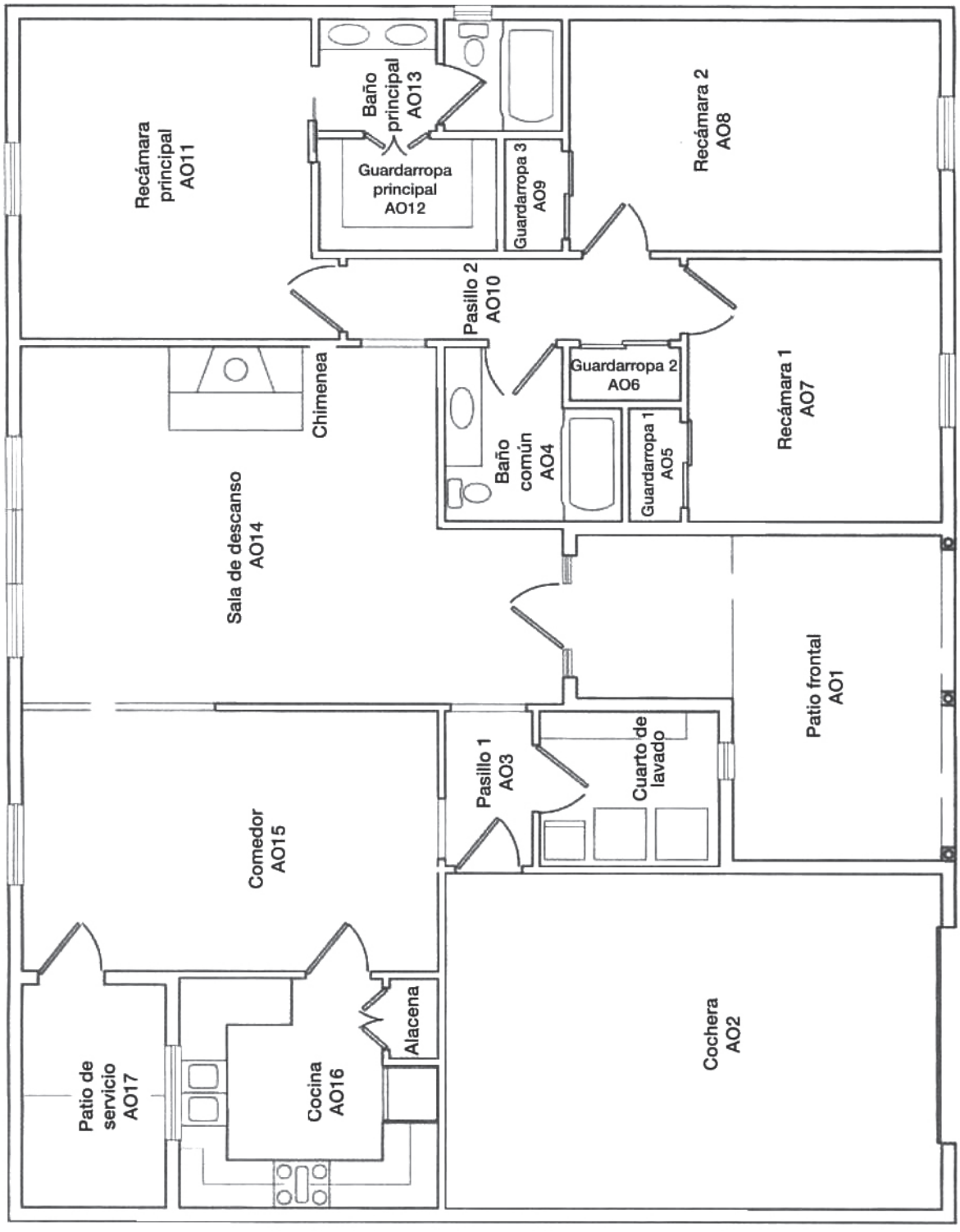


Figura 4.1. Plano de distribución de una casa habitación.

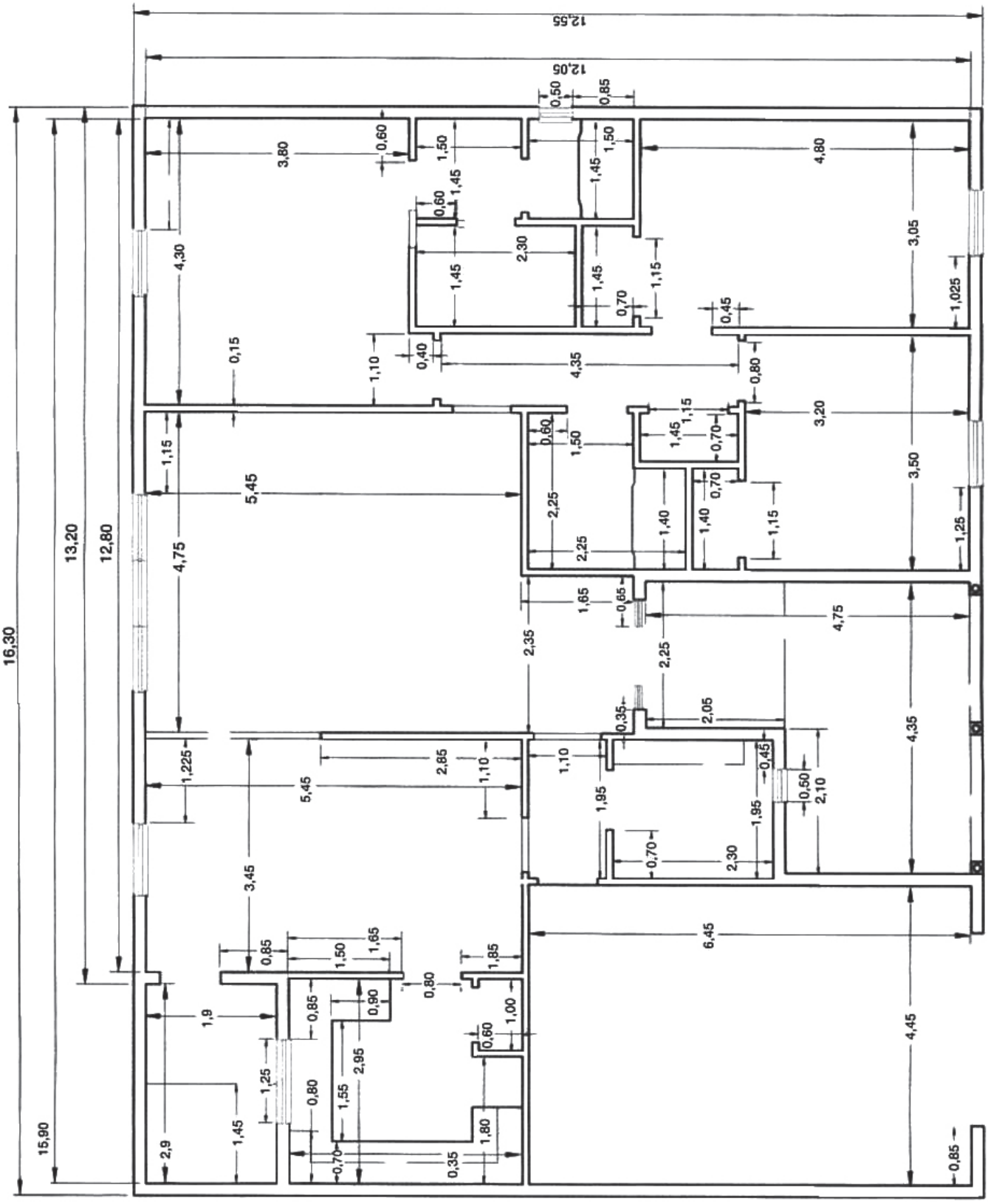


Figura 4.1-A. Dimensiones de una casa habitación.

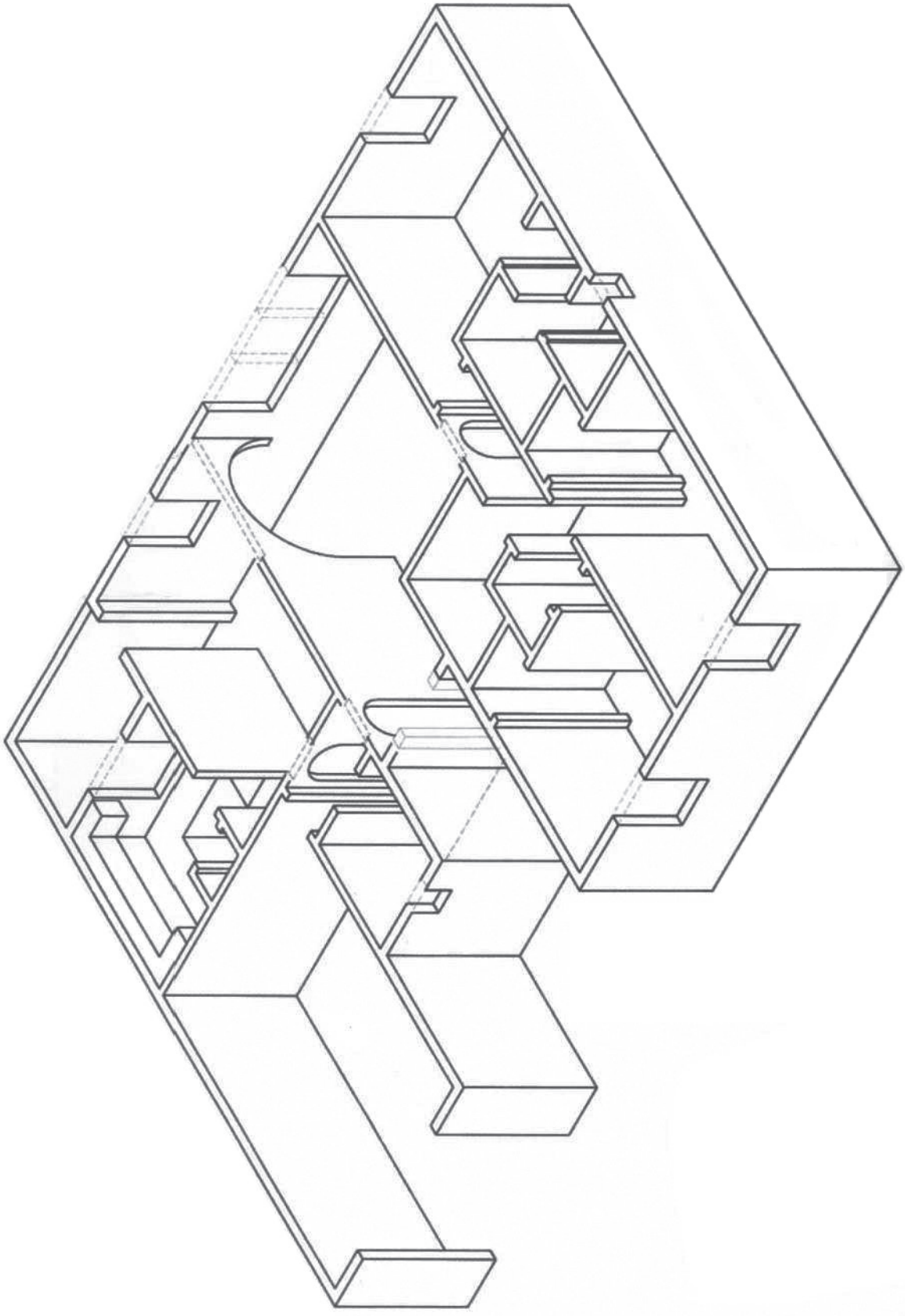


Figura 4.1-B. Isométrico de una casa habitación.

Nota: La simbología utilizada para este diseño en particular refiere lámparas fluorescentes compactas.

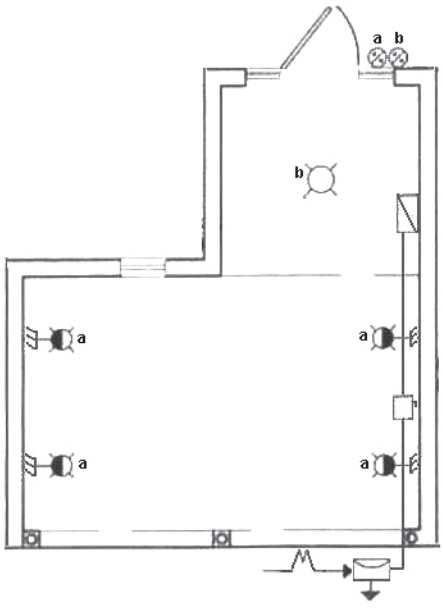


Figura 4.2. Patio frontal, área AO1.

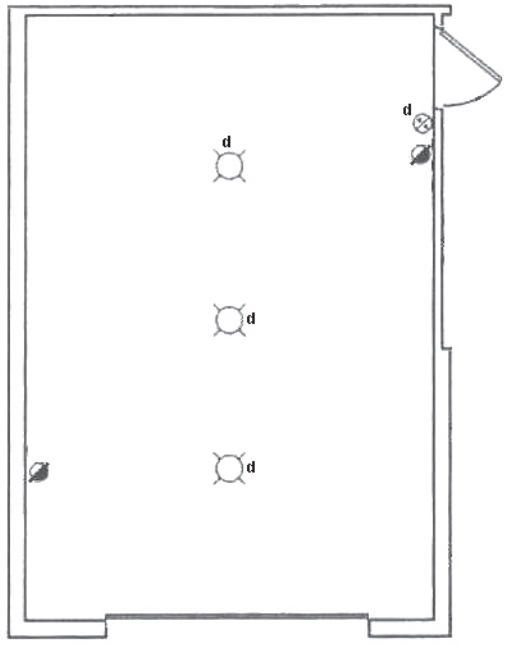


Figura 4.3. Cochera, área AO2.

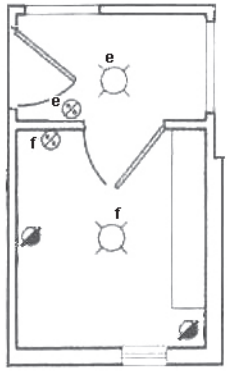


Figura 4.4. Pasillo uno y cuarto de lavado, área AO3.

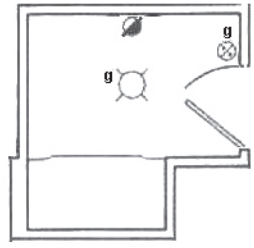


Figura 4.5. Baño común, área AO4.

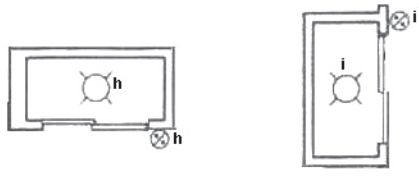


Figura 4.6. Guardarropas 1 y 2, áreas AO5 y AO6.

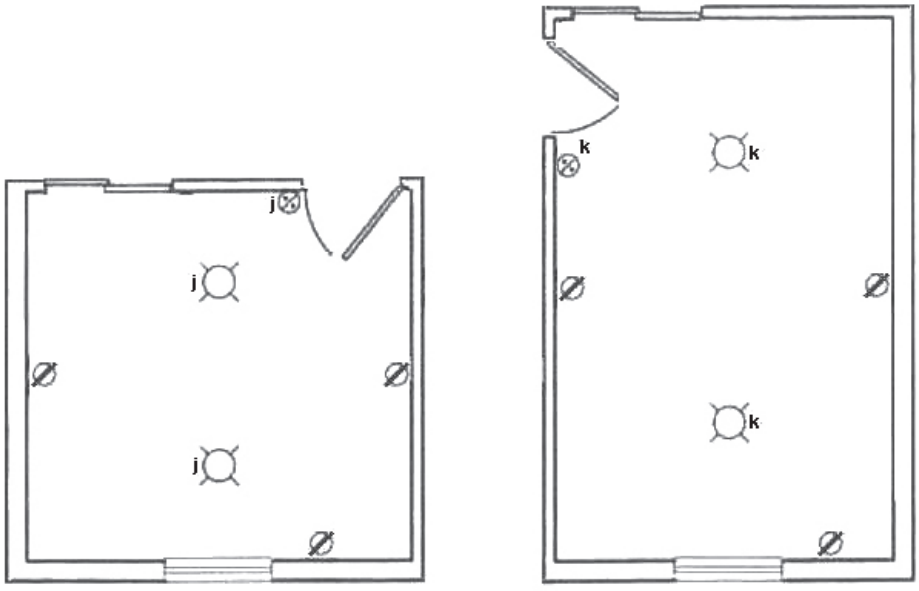


Figura 4.7. Recámaras 1 y 2, áreas AO7 y AO8.

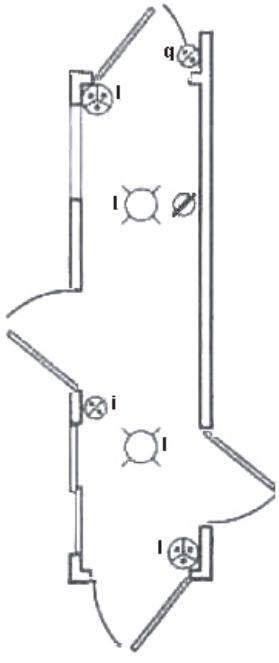


Figura 4.9. Pasillo dos, área AO10.

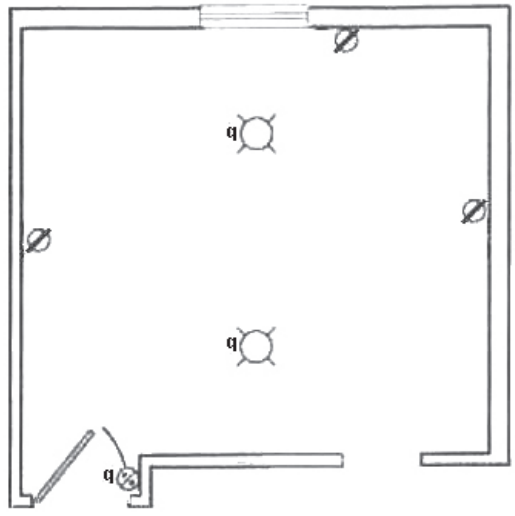


Figura 4.10. Recámara principal, área AO11.

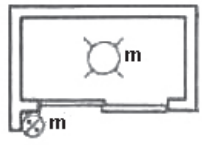


Figura 4.8. Guardarropa, área AO9.

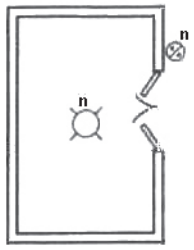


Figura 4.11. Guardarropa principal, área AO12.

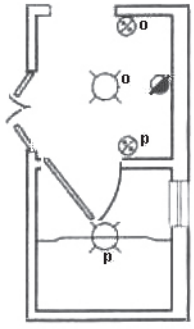


Figura 4.12. Baño principal, área AO13.

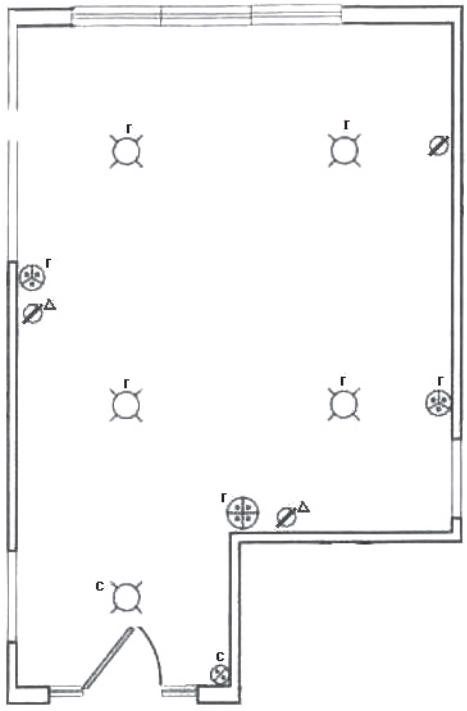


Figura 4.13. Sala de descanso, área AO14.

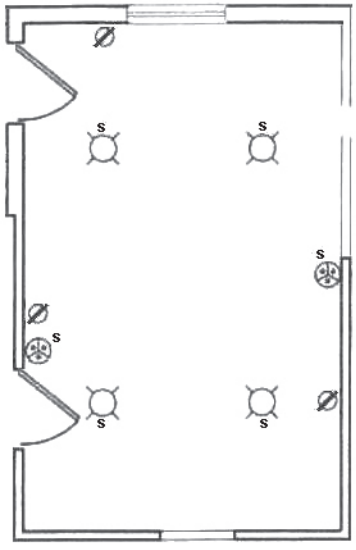


Figura 4.14. Comedor, área AO15.

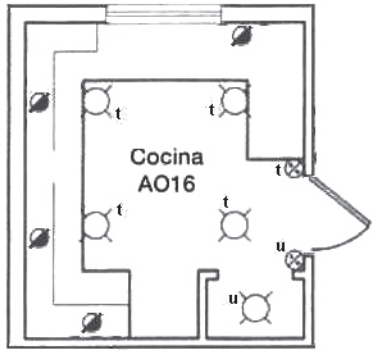


Figura 4.15. Cocina, área AO16.

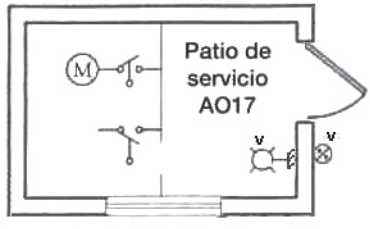


Figura 4.16. Patio de servicio, área AO17.

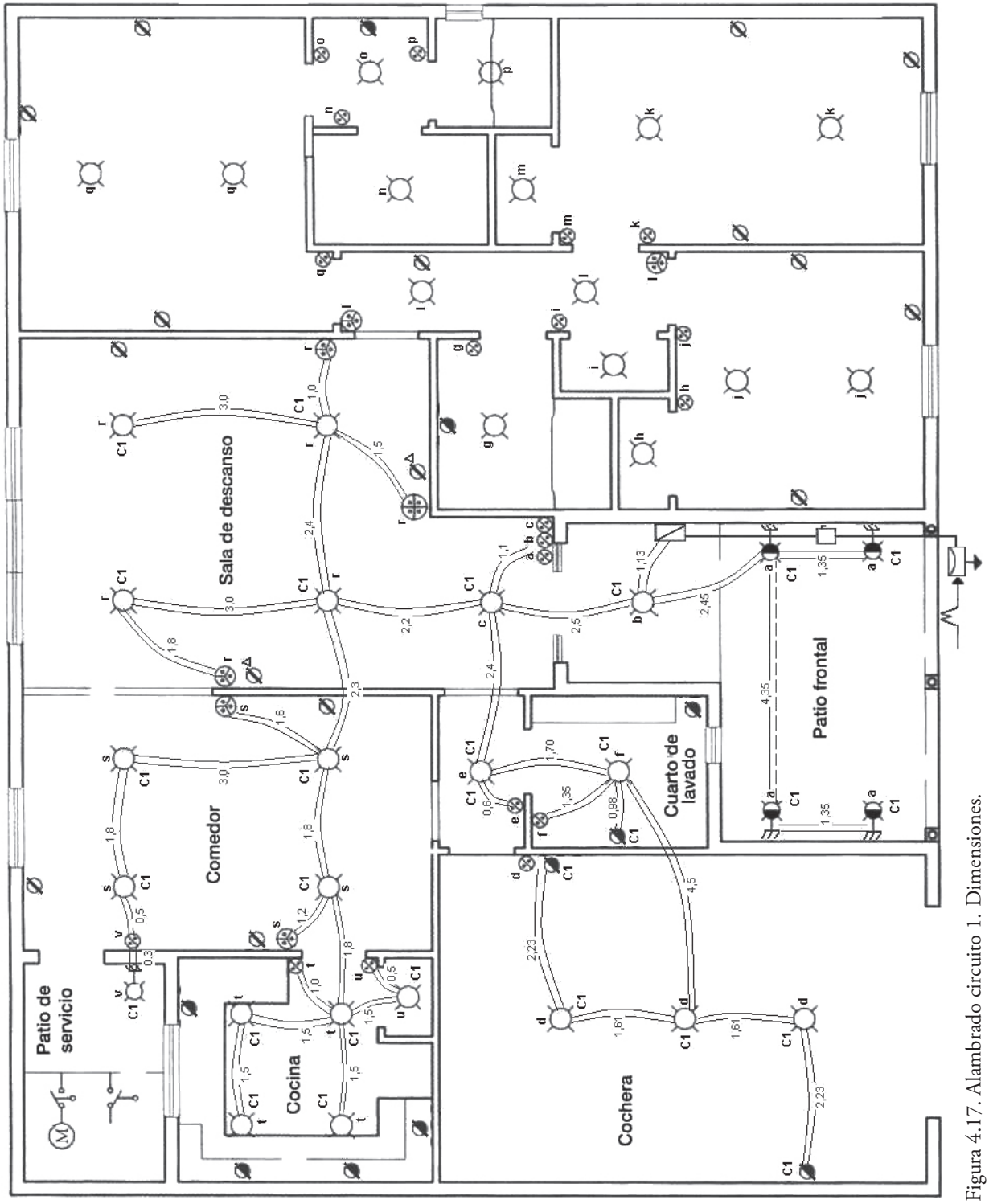


Figura 4.17. Alambrado circuito 1. Dimensiones.

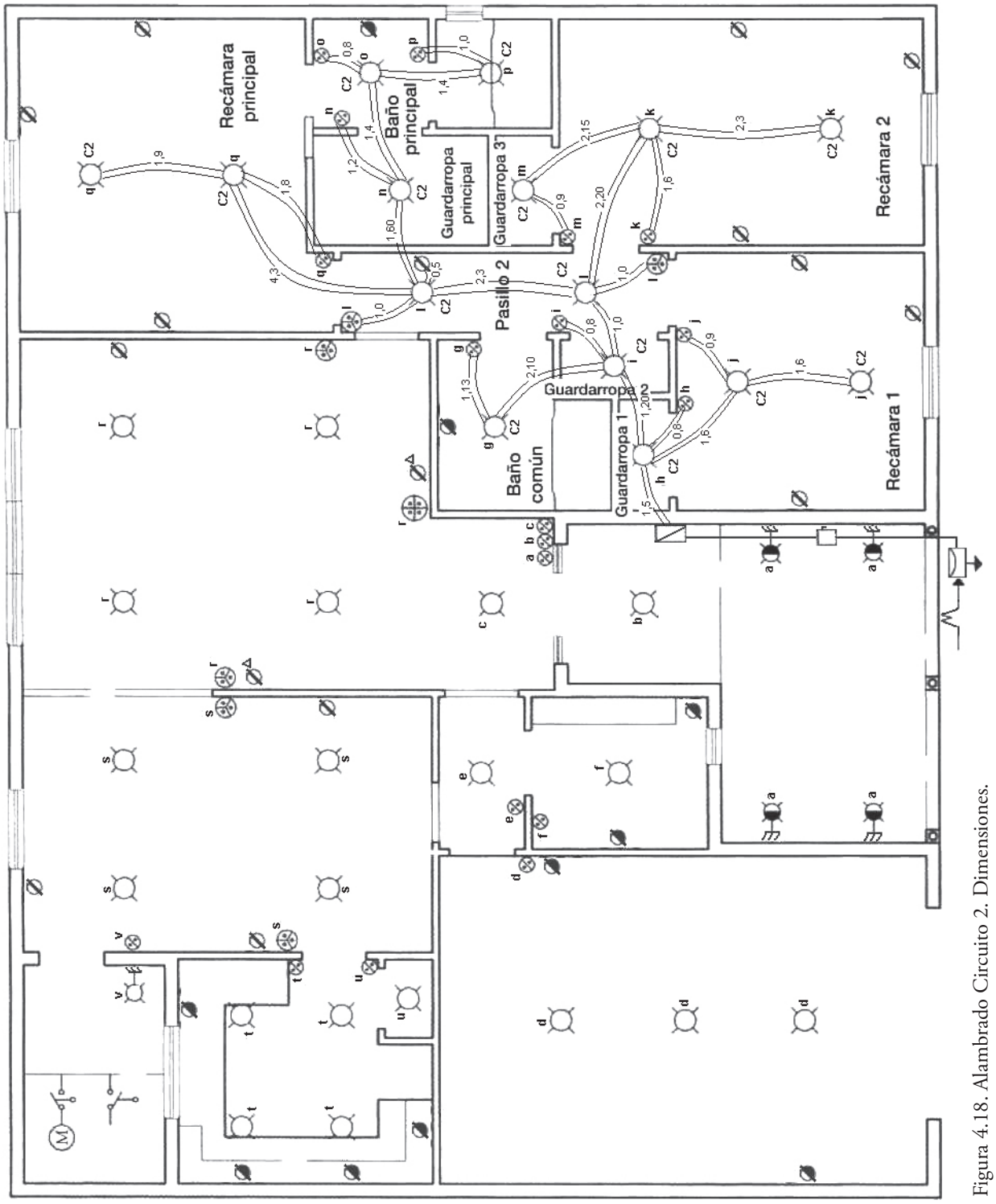


Figura 4.18. Alambrado Circuito 2. Dimensiones.

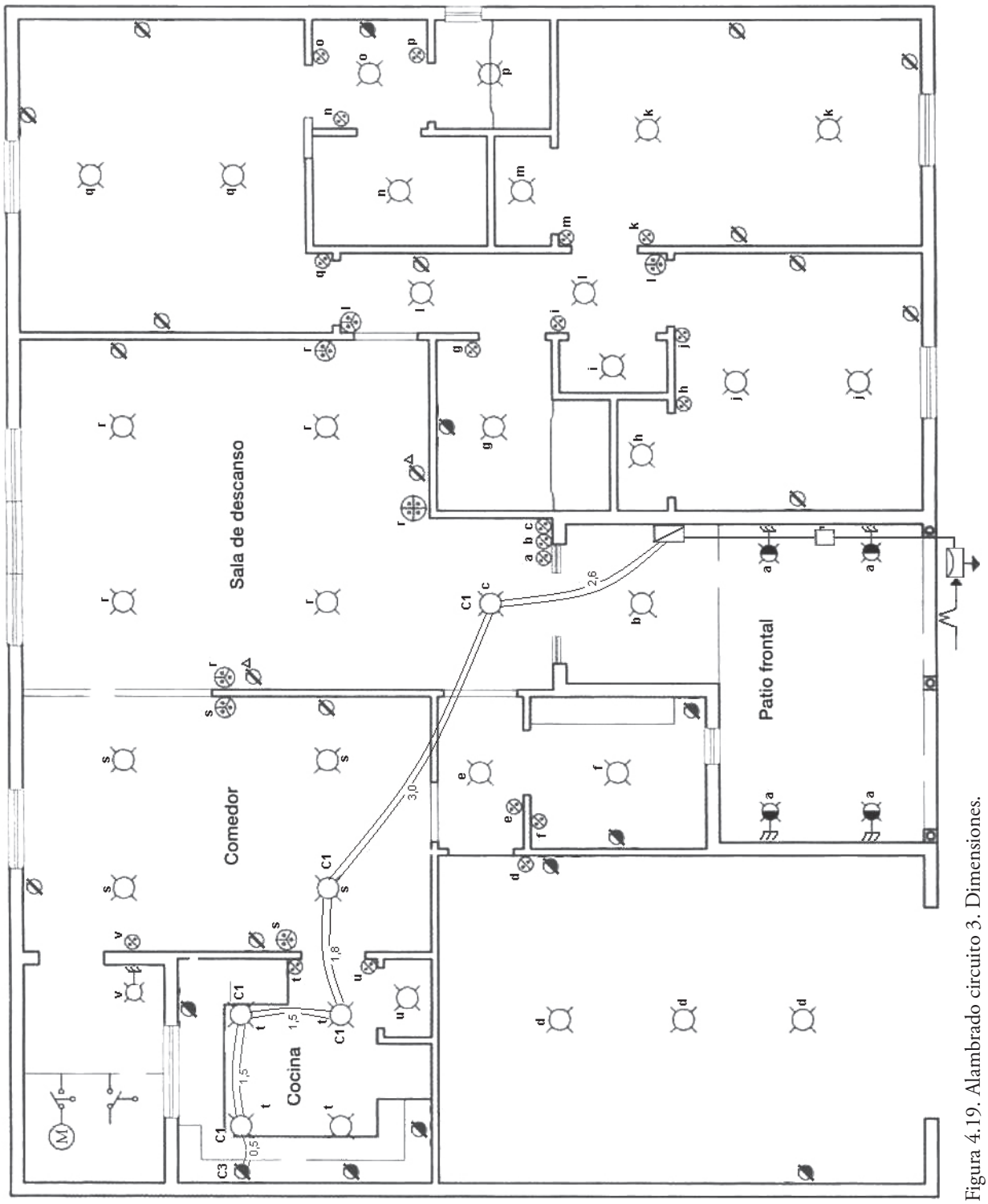


Figura 4.19. Alambrado circuito 3. Dimensiones.

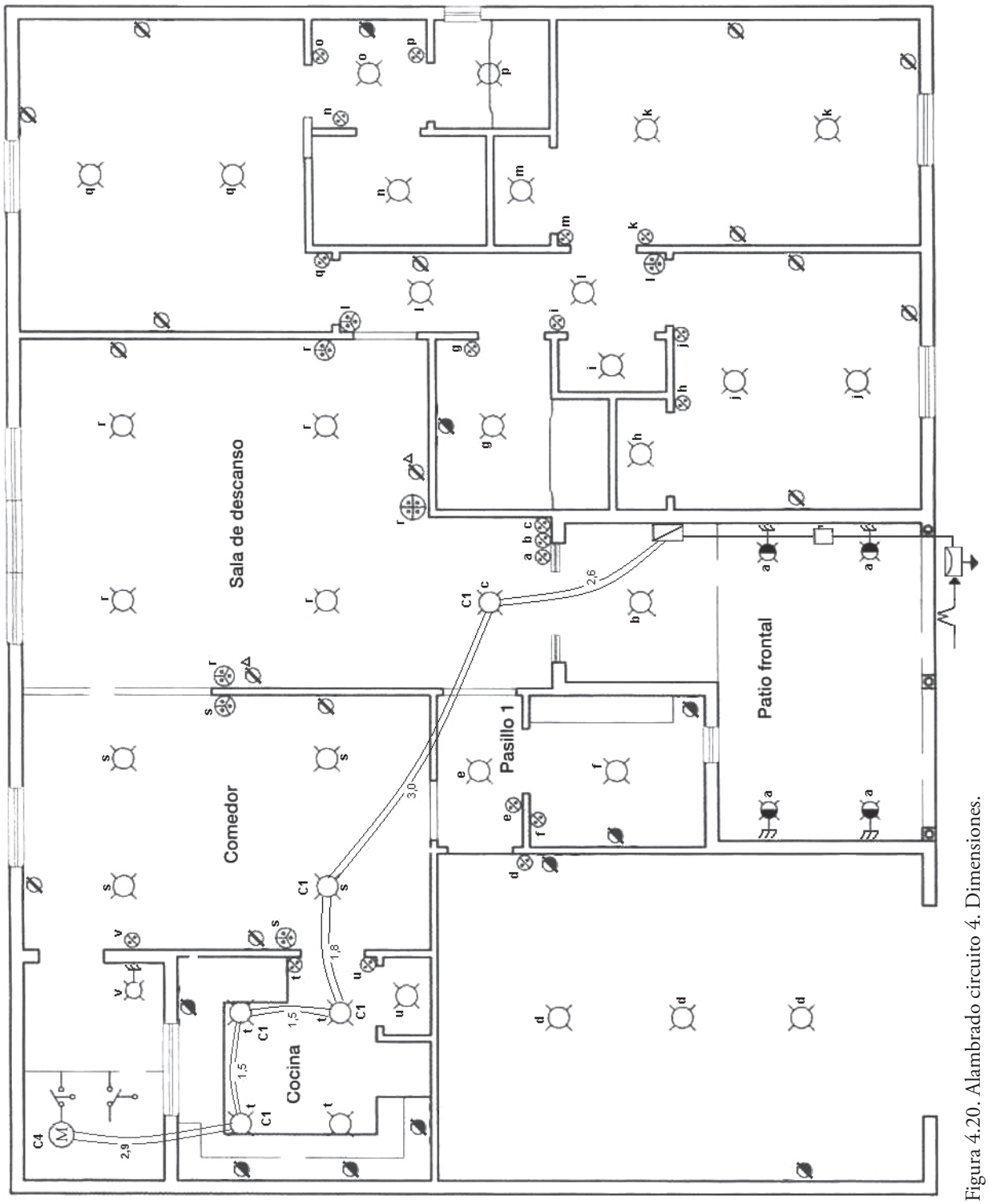


Figura 4.20. Alambrado circuito 4. Dimensiones.

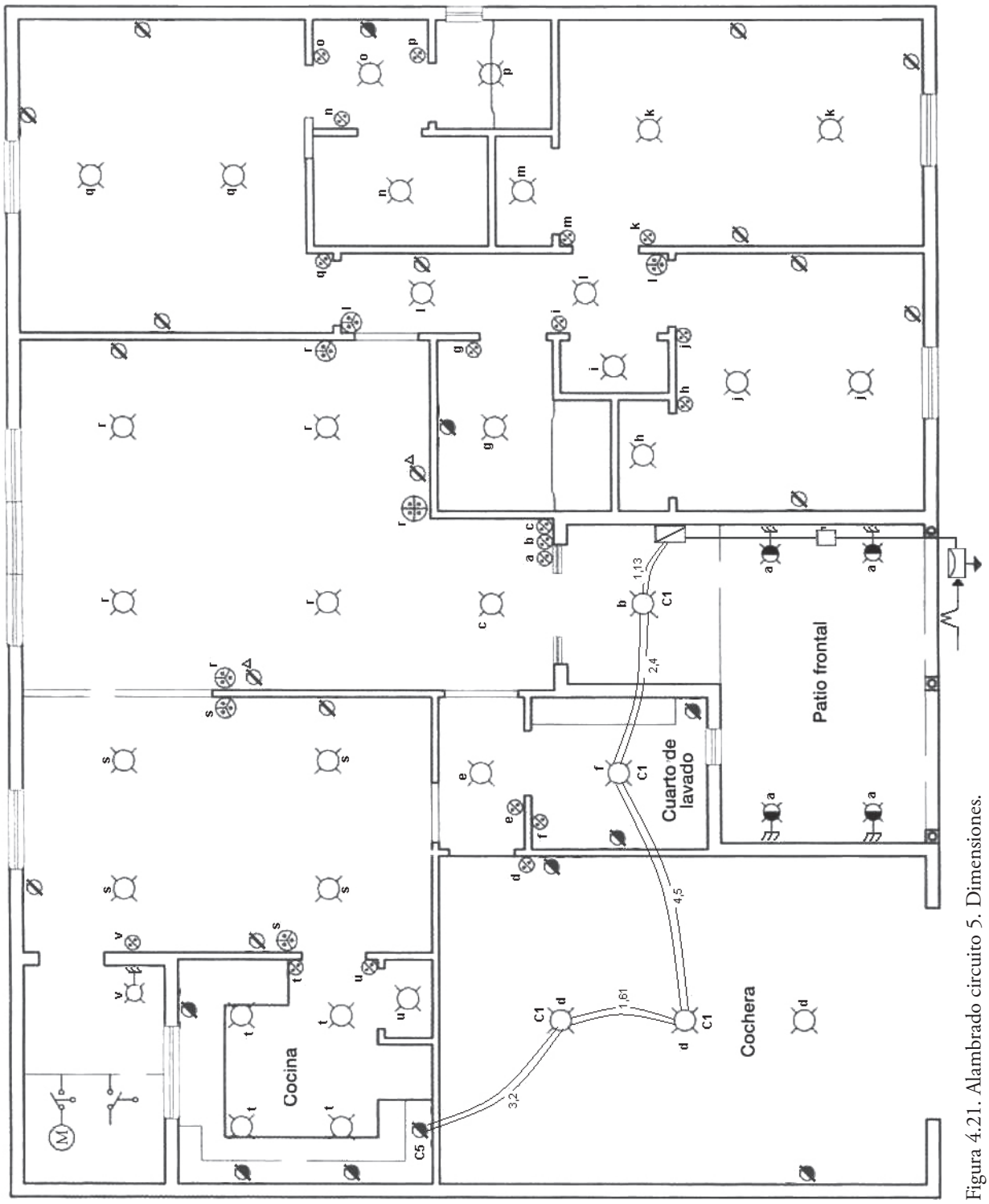


Figura 4.21. Alambrado circuito 5. Dimensiones.

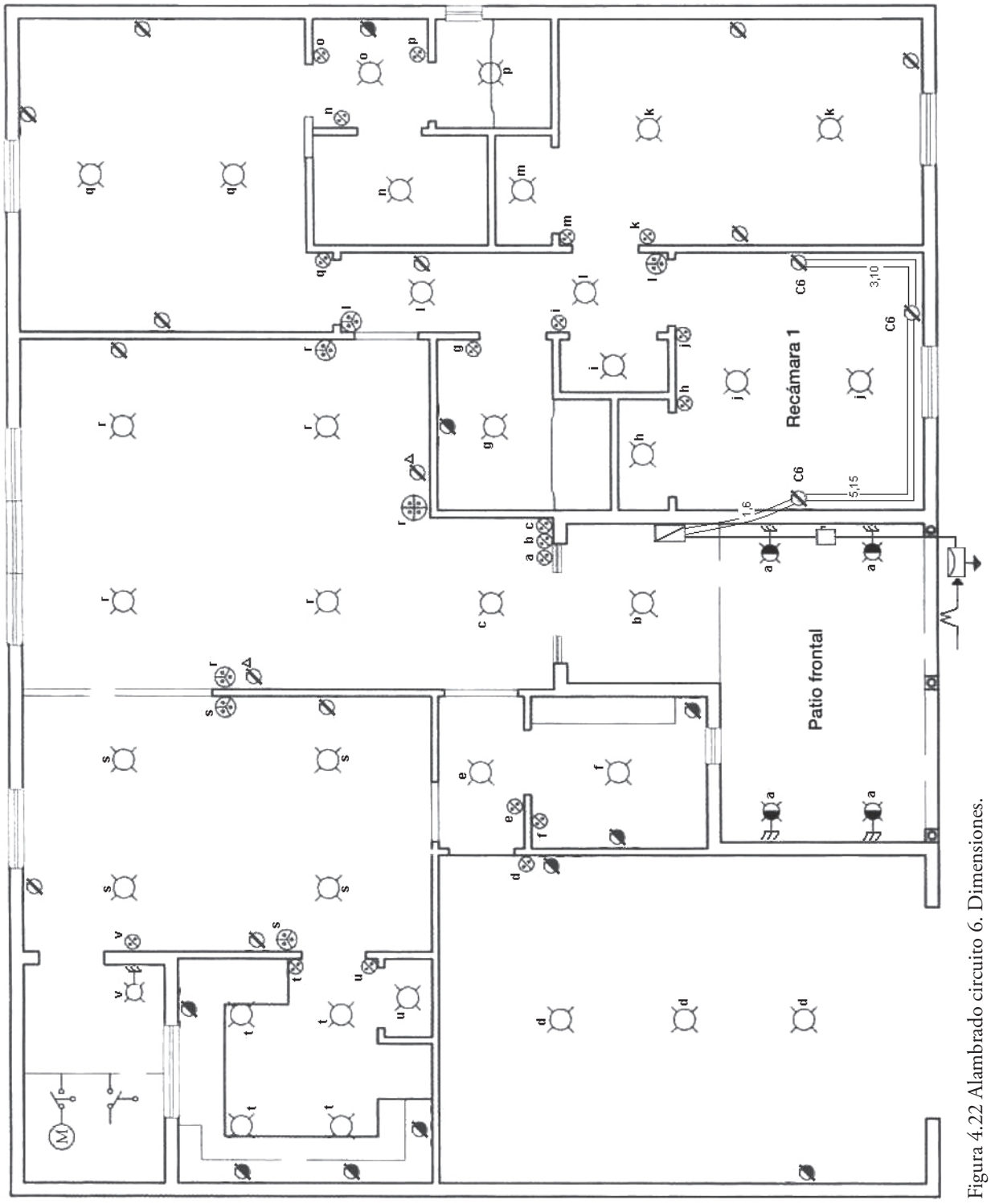


Figura 4.22 Alambrado circuito 6. Dimensiones.

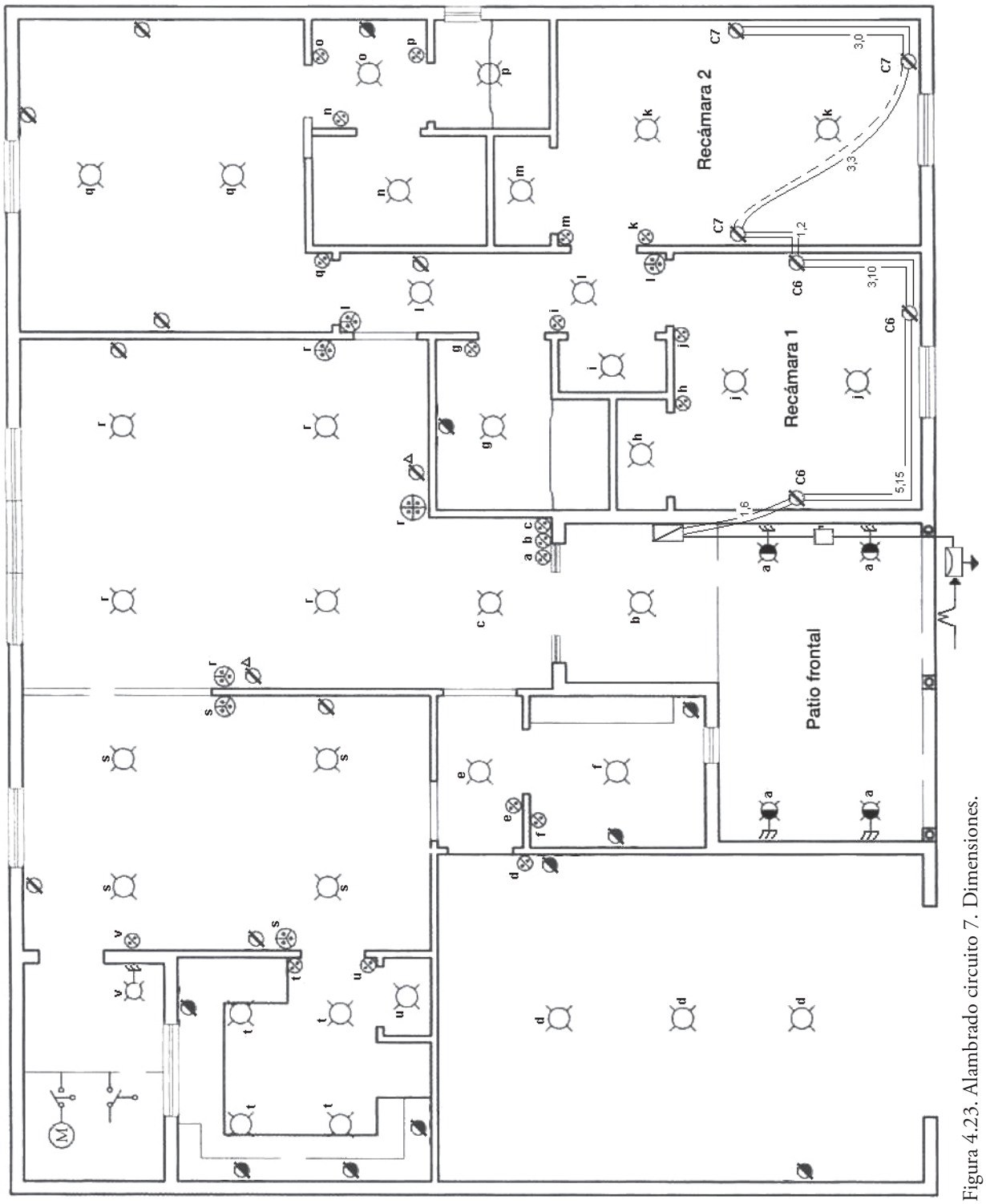


Figura 4.23. Alambrado circuito 7. Dimensiones.

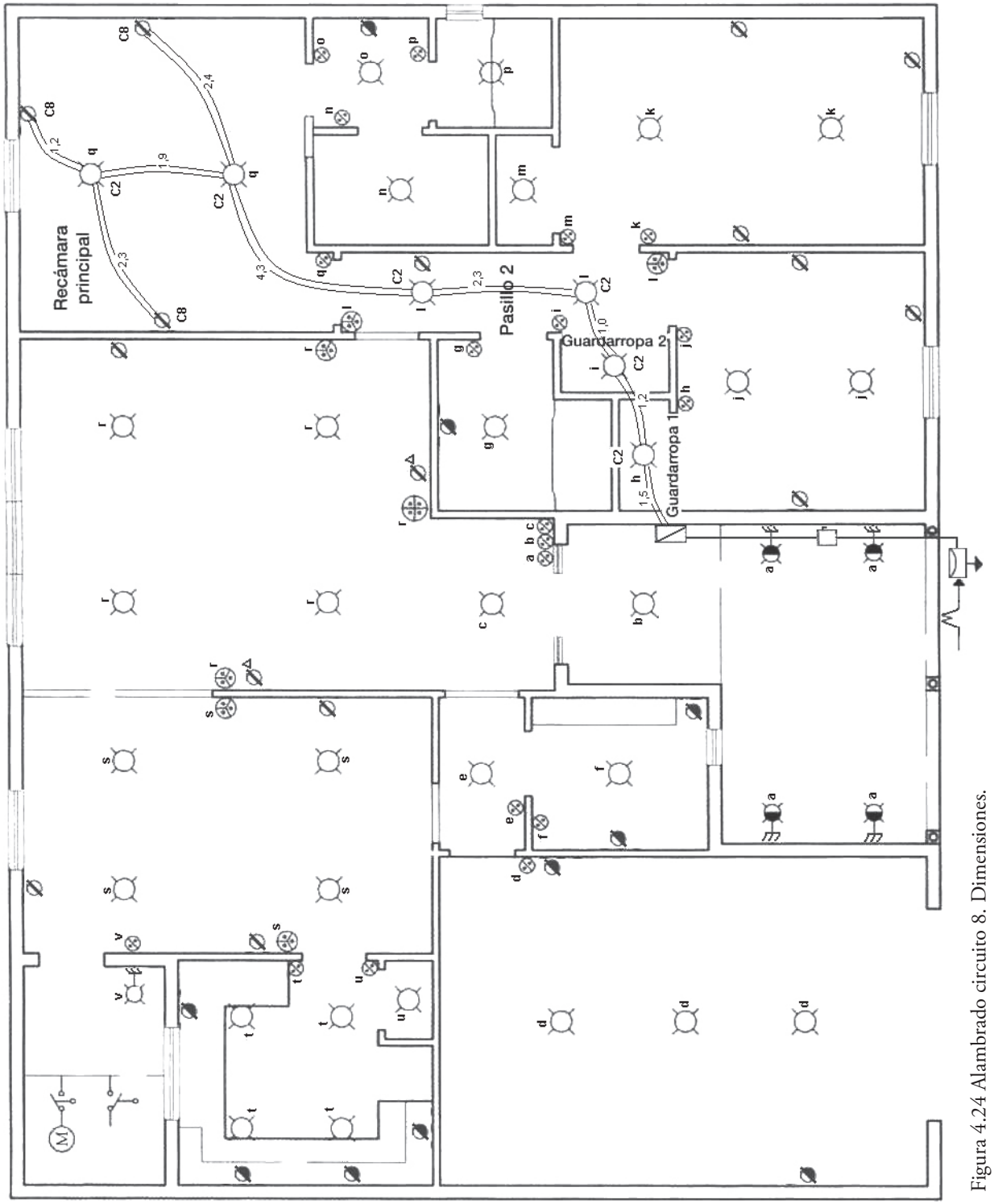


Figura 4.24 Alambrado circuito 8. Dimensiones.

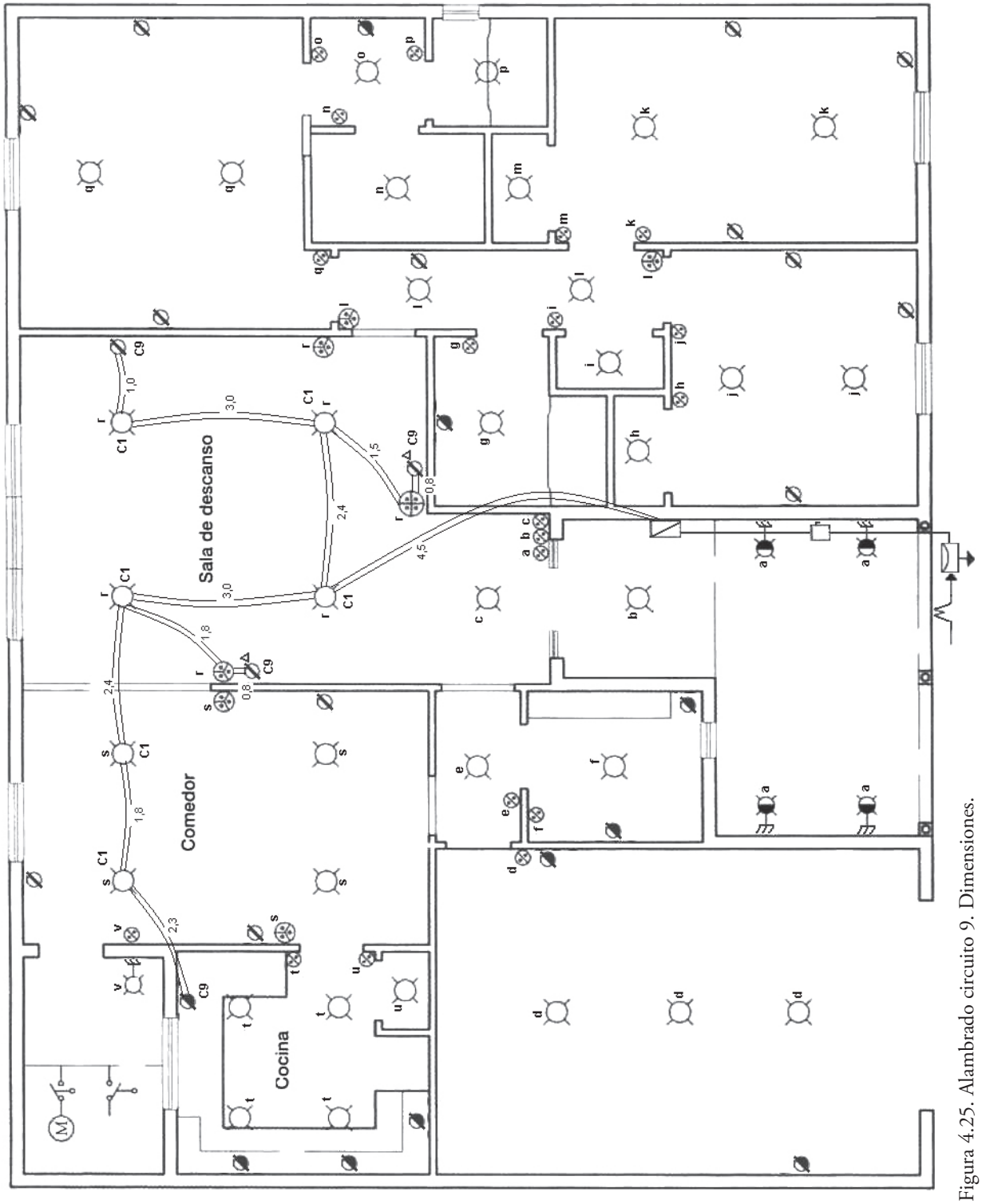


Figura 4.25. Alambrado circuito 9. Dimensiones.

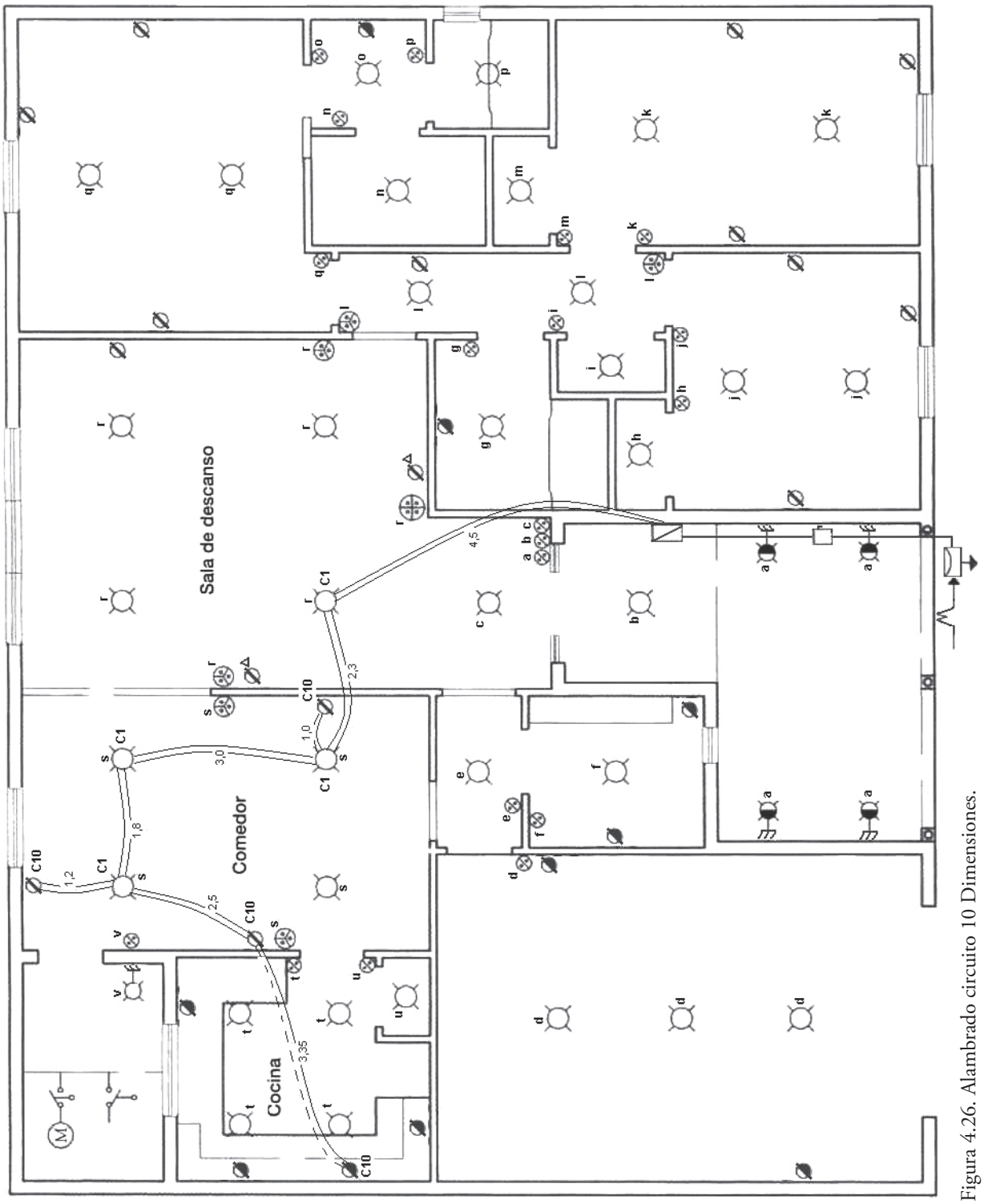


Figura 4.26. Alambrado circuito 10 Dimensiones.

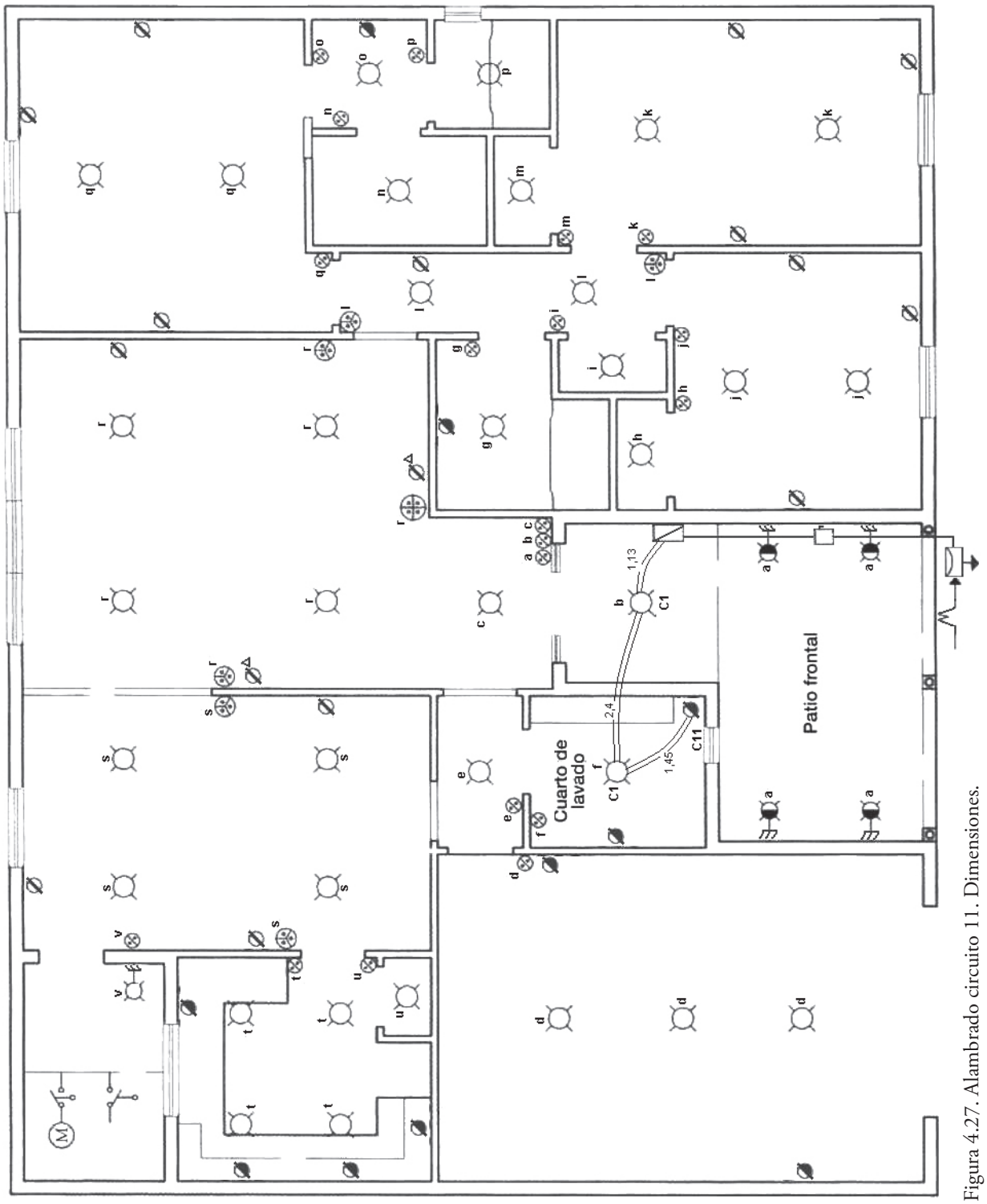


Figura 4.27. Alambrado circuito 11. Dimensiones.

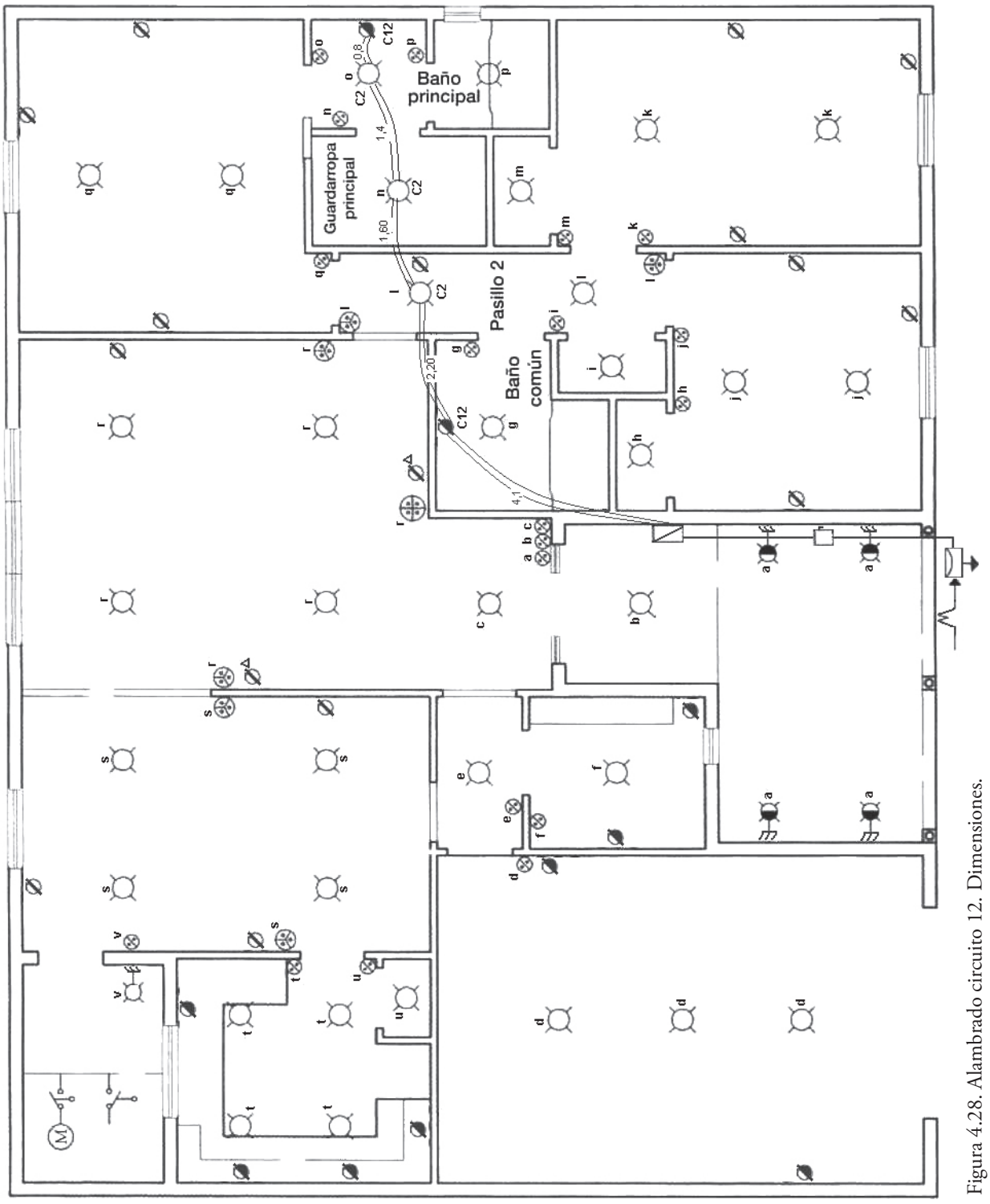


Figura 4.28. Alambrado circuito 12. Dimensiones.

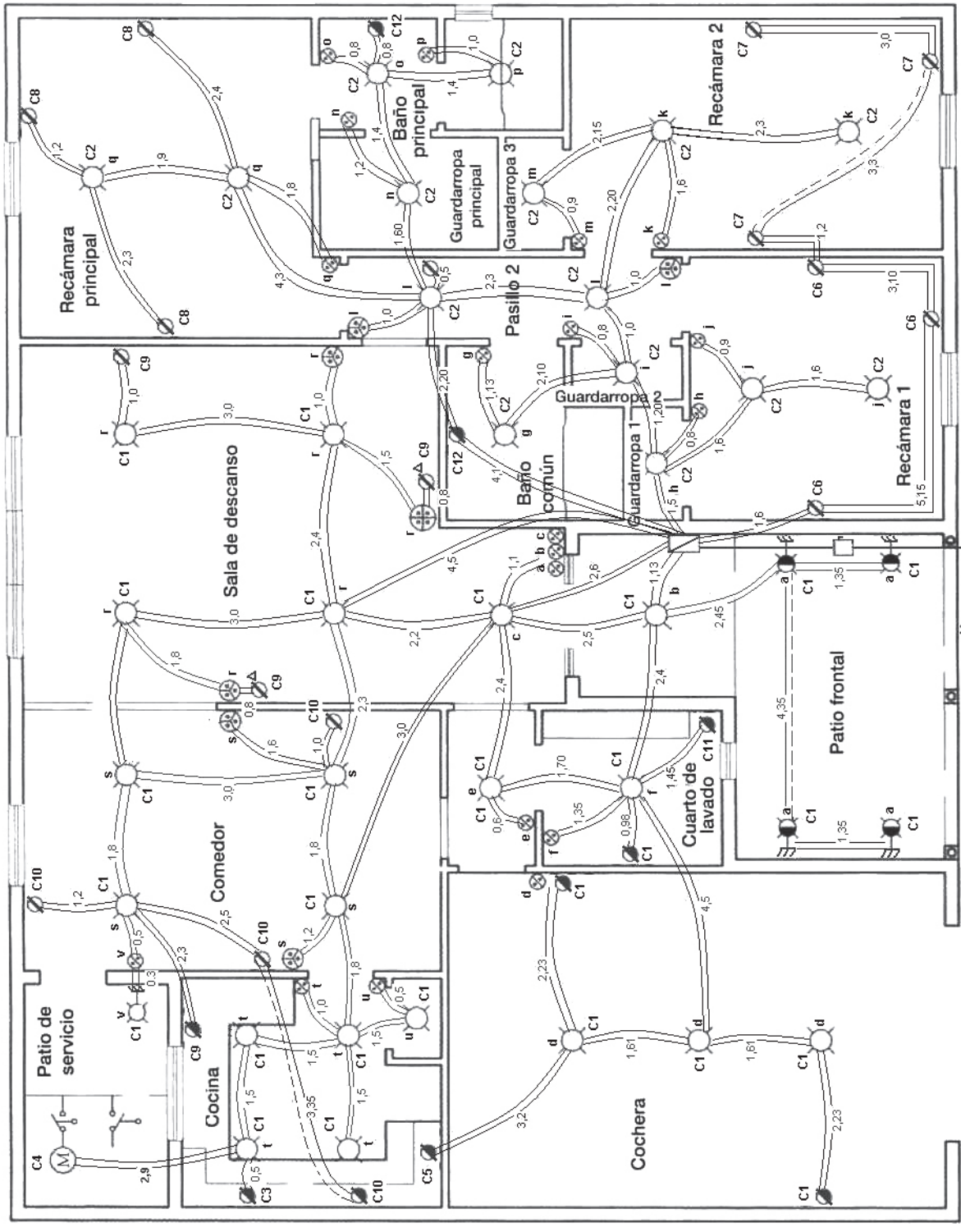


Figura 4.29. Alambrado general. Dimensiones (conjunta de la figura 4.17 a la 4.29).

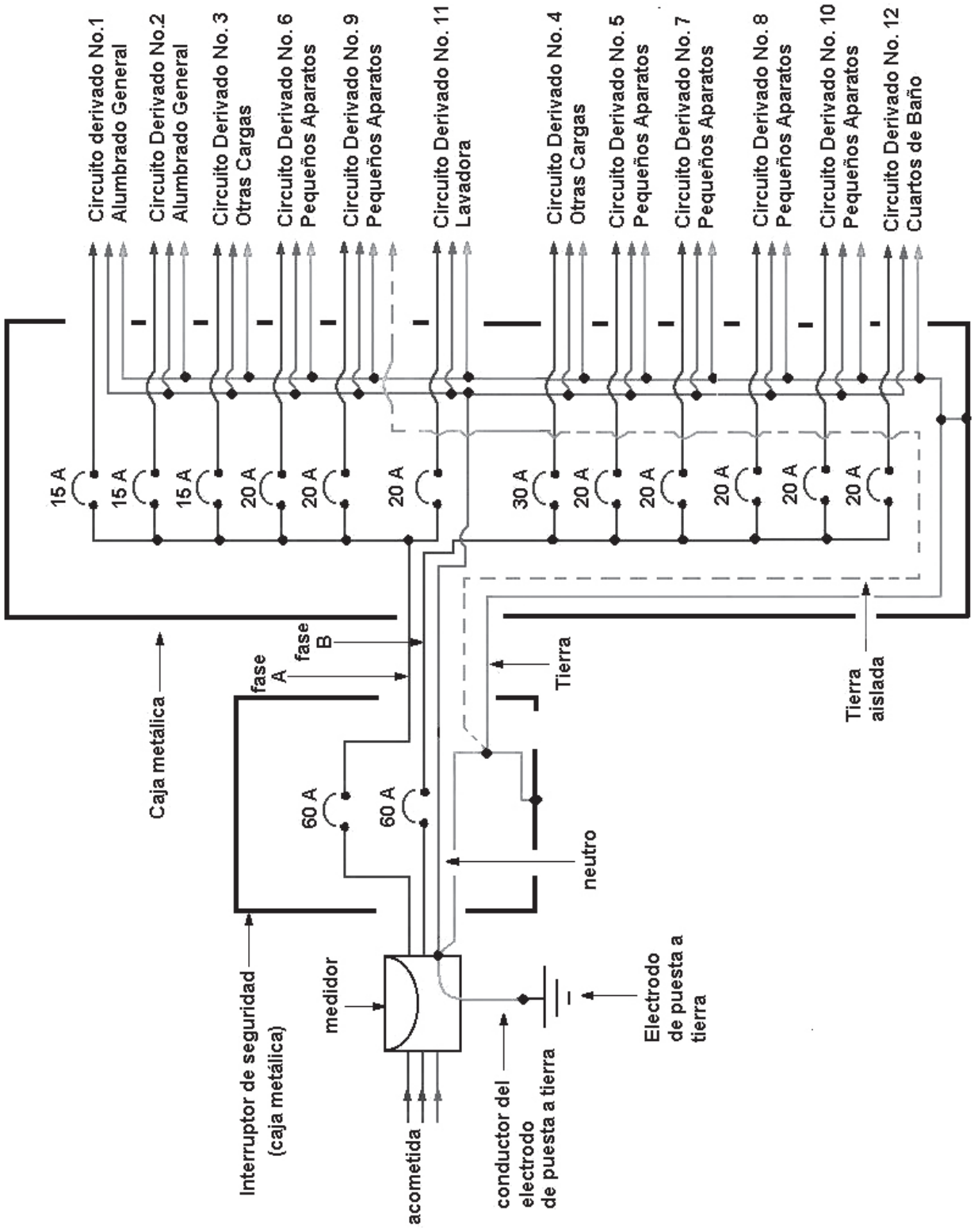


Figura 4.30. Patio frontal, área AO1. Circuito para acometida, alimentador y tablero.

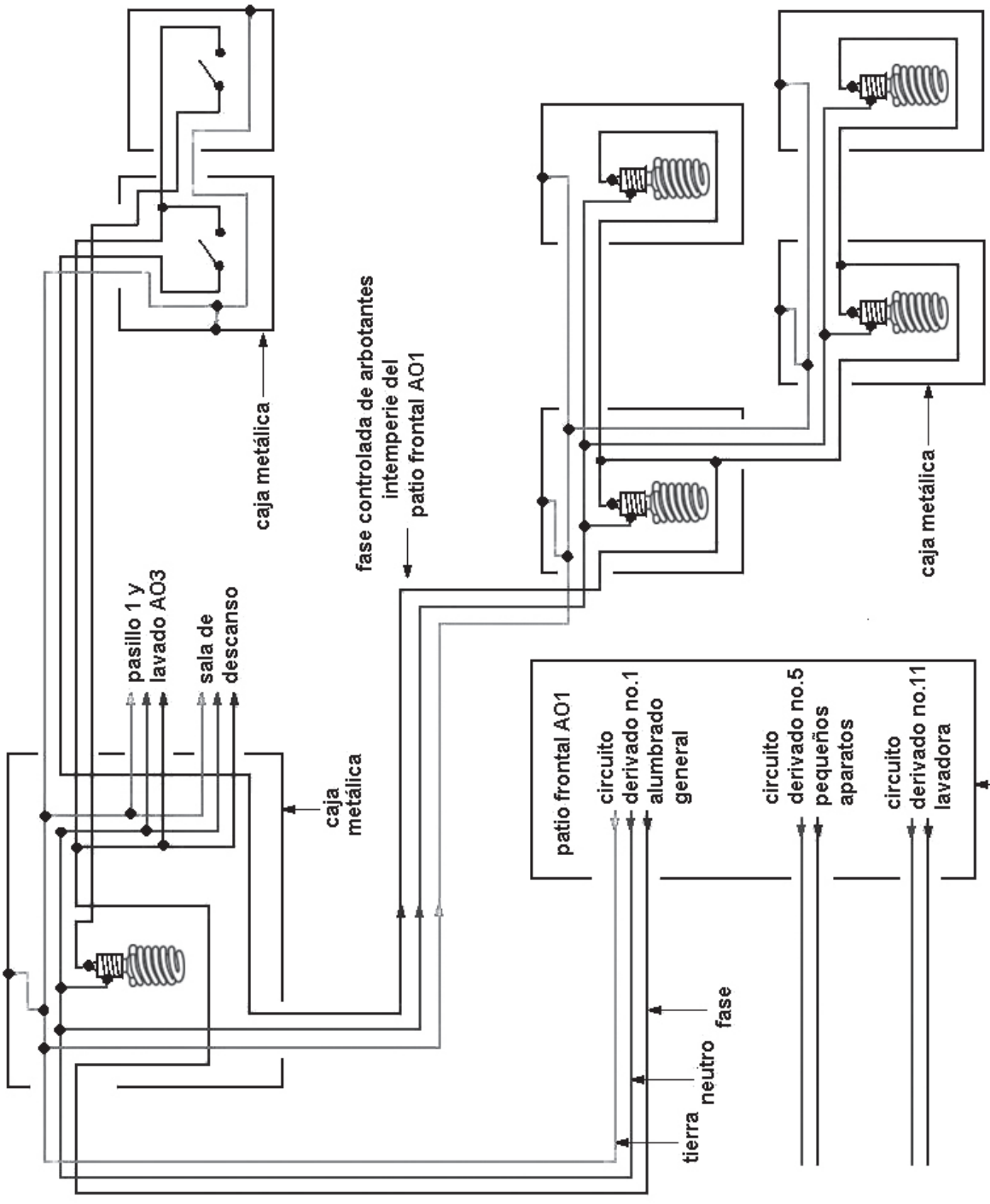


Figura 4.31. Cochera, área AO2. Circuito de alambrado.

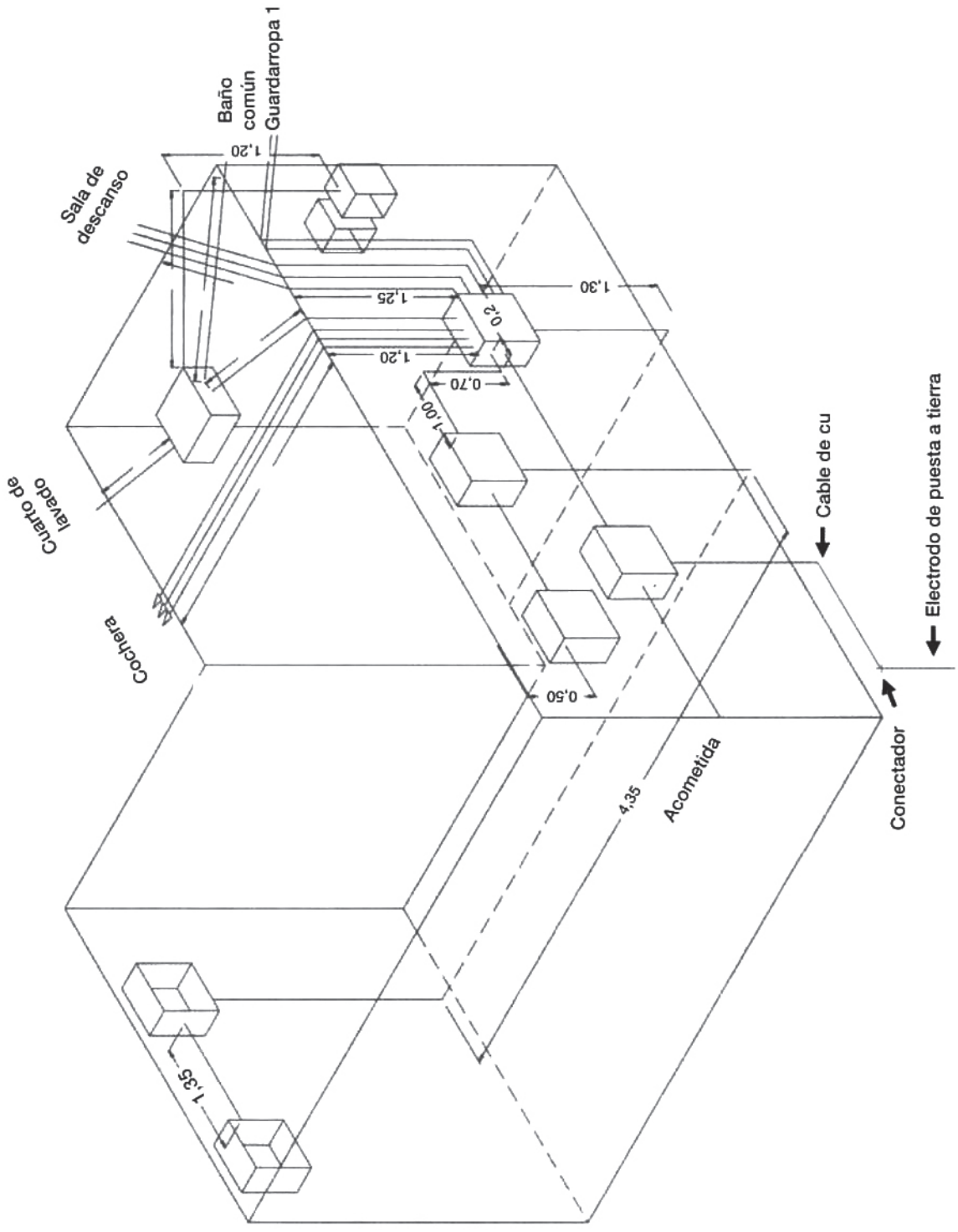


Figura 4.32. Vista en isométrico de tuberías y cajas de conexión. Patio frontal, área AO1.

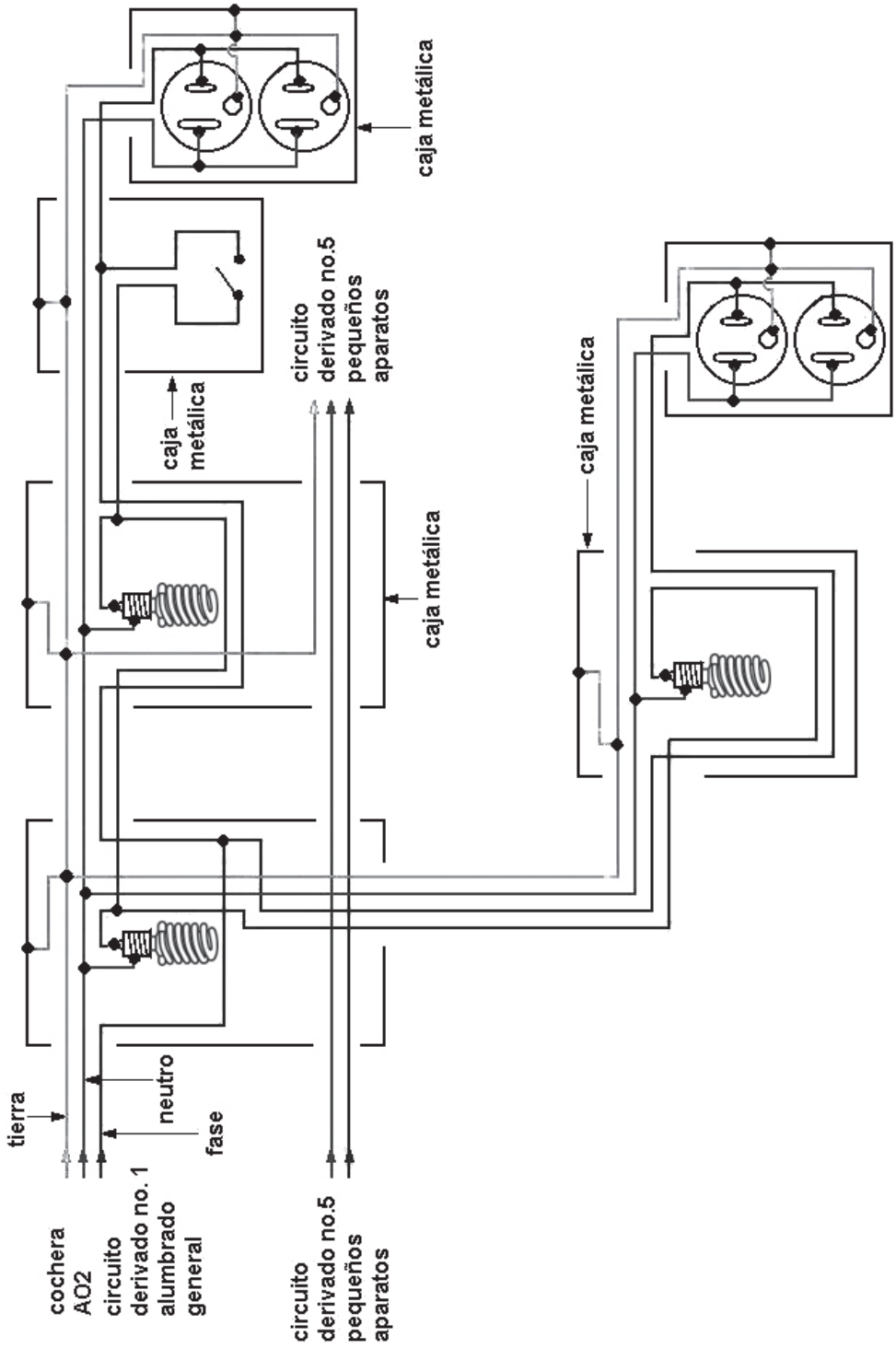


Figura 4.33. Cochera, área AO2. Circuito de alambrado.

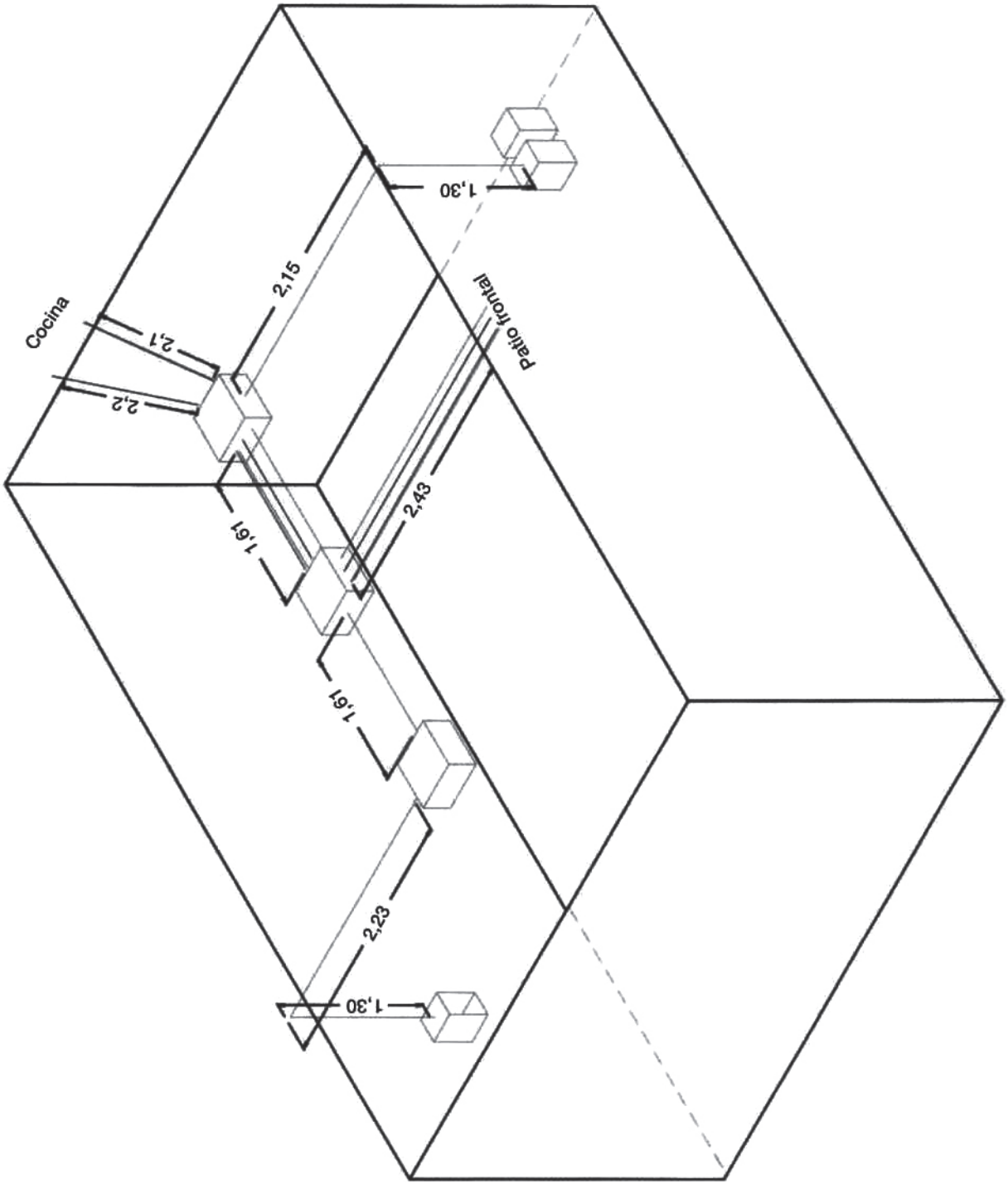


Figura 4.34. Vista en isométrico de tuberías y cajas de conexión. Cochera, área AO2.

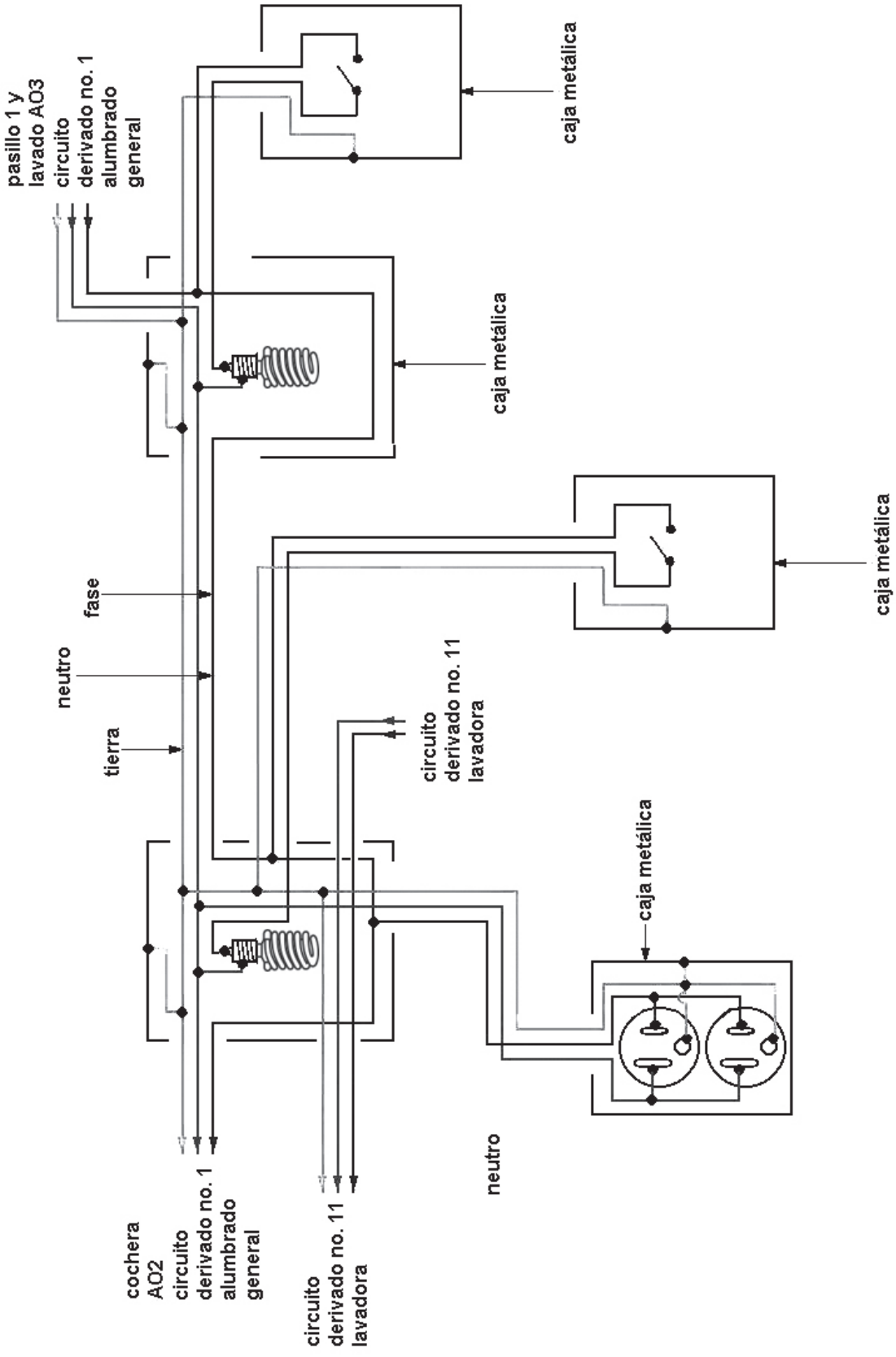


Figura 4.35. Pasillo 1 y cuarto de lavado, área AO3. Circuito de alambrado.

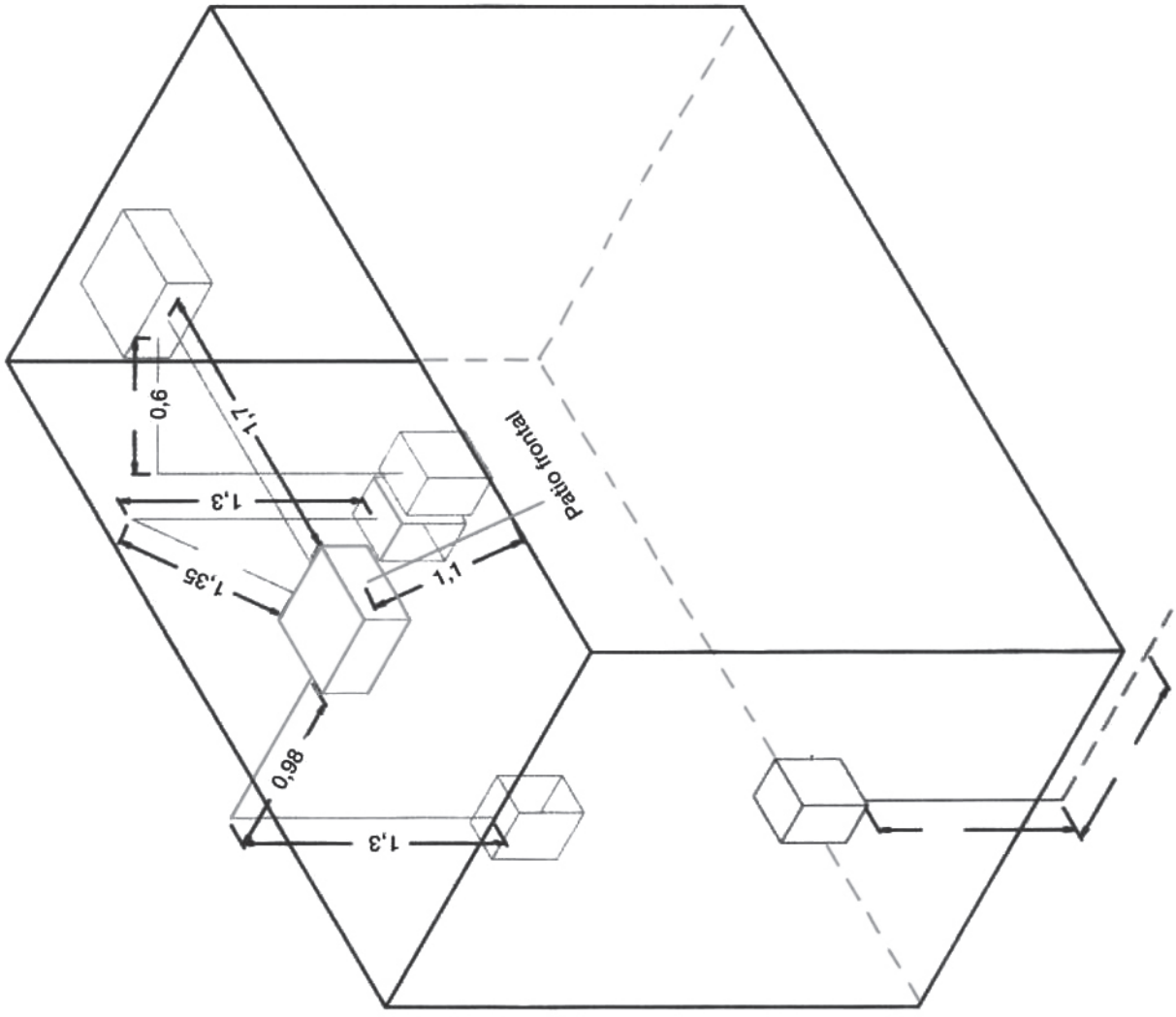


Figura 4.36. Vista en isométrico de tuberías y cajas de conexión. Pasillo 1 y cuarto de lavado, área AO3.

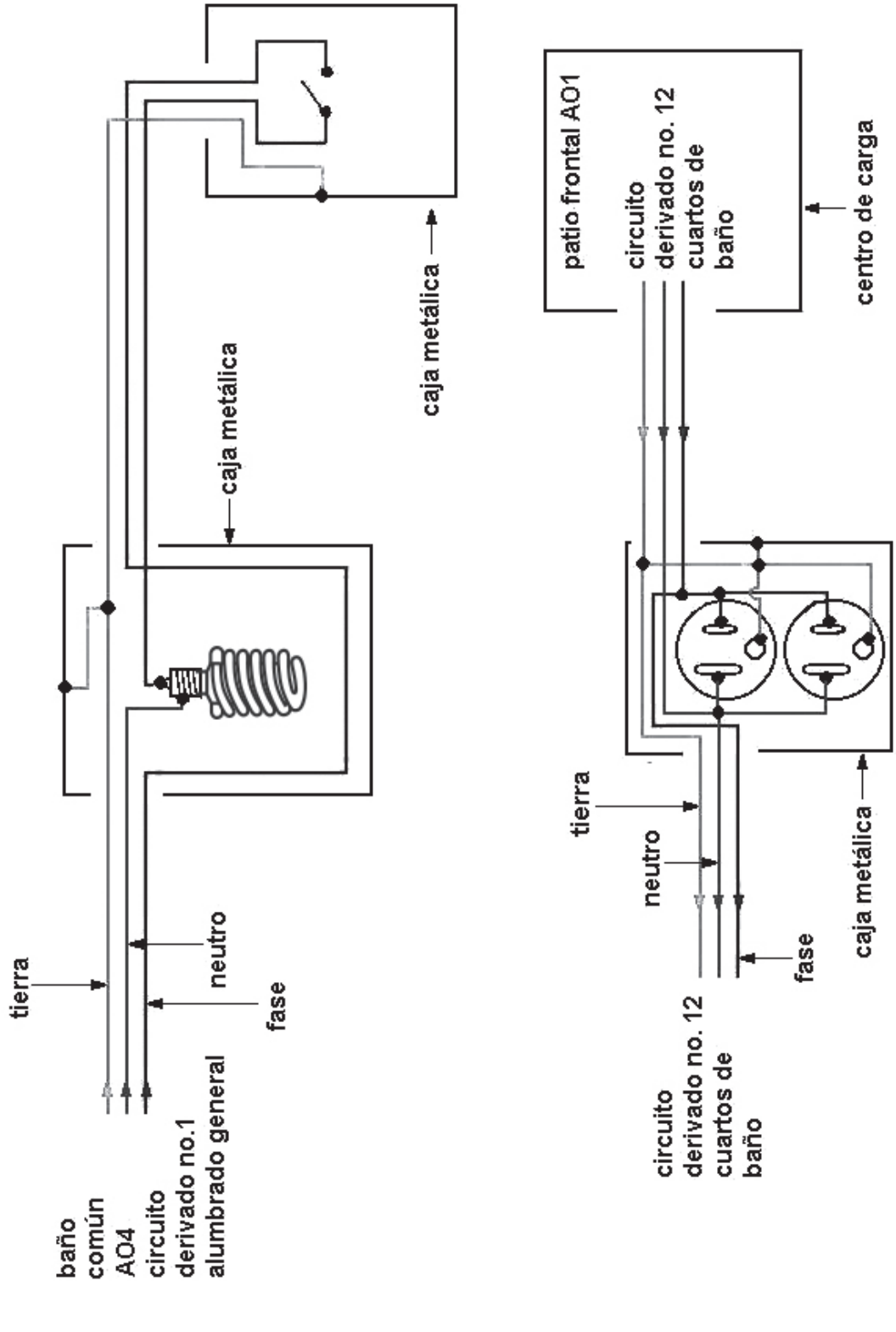


Figura 4.37. Baño común AO4. Circuito de alambrado

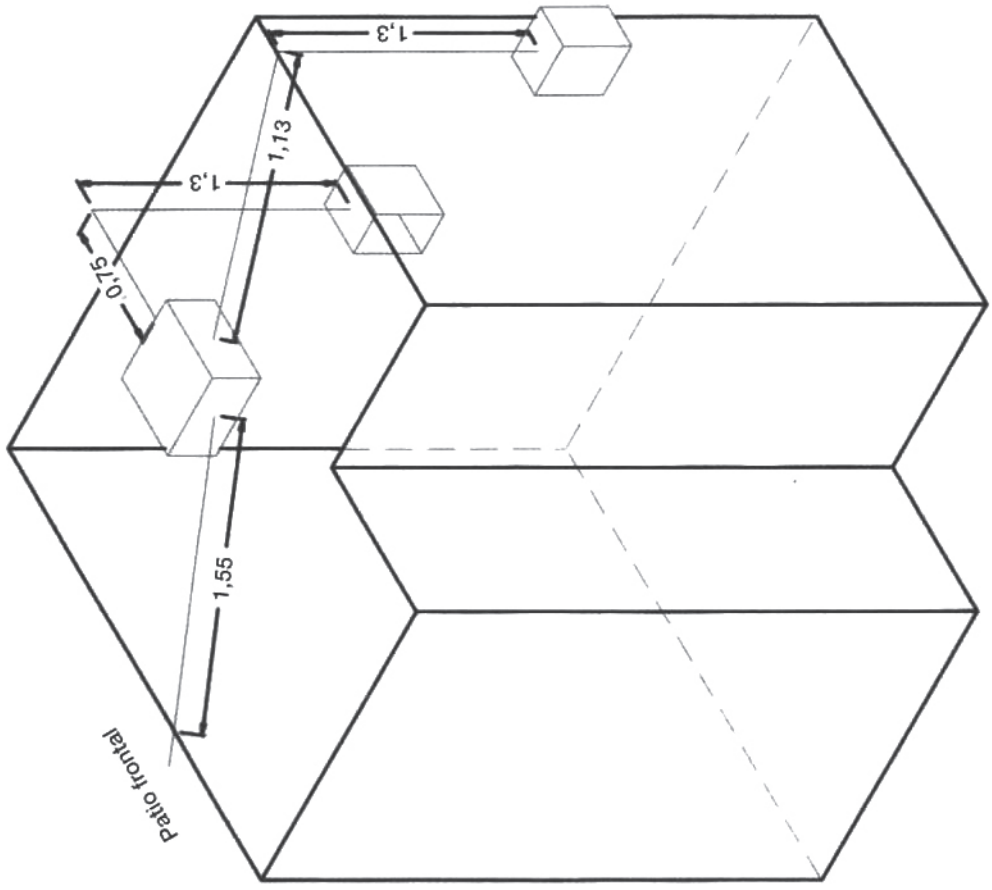


Figura 4.38. Vista en isométrico de tuberías y cajas de conexión. Baño común, área AO4.

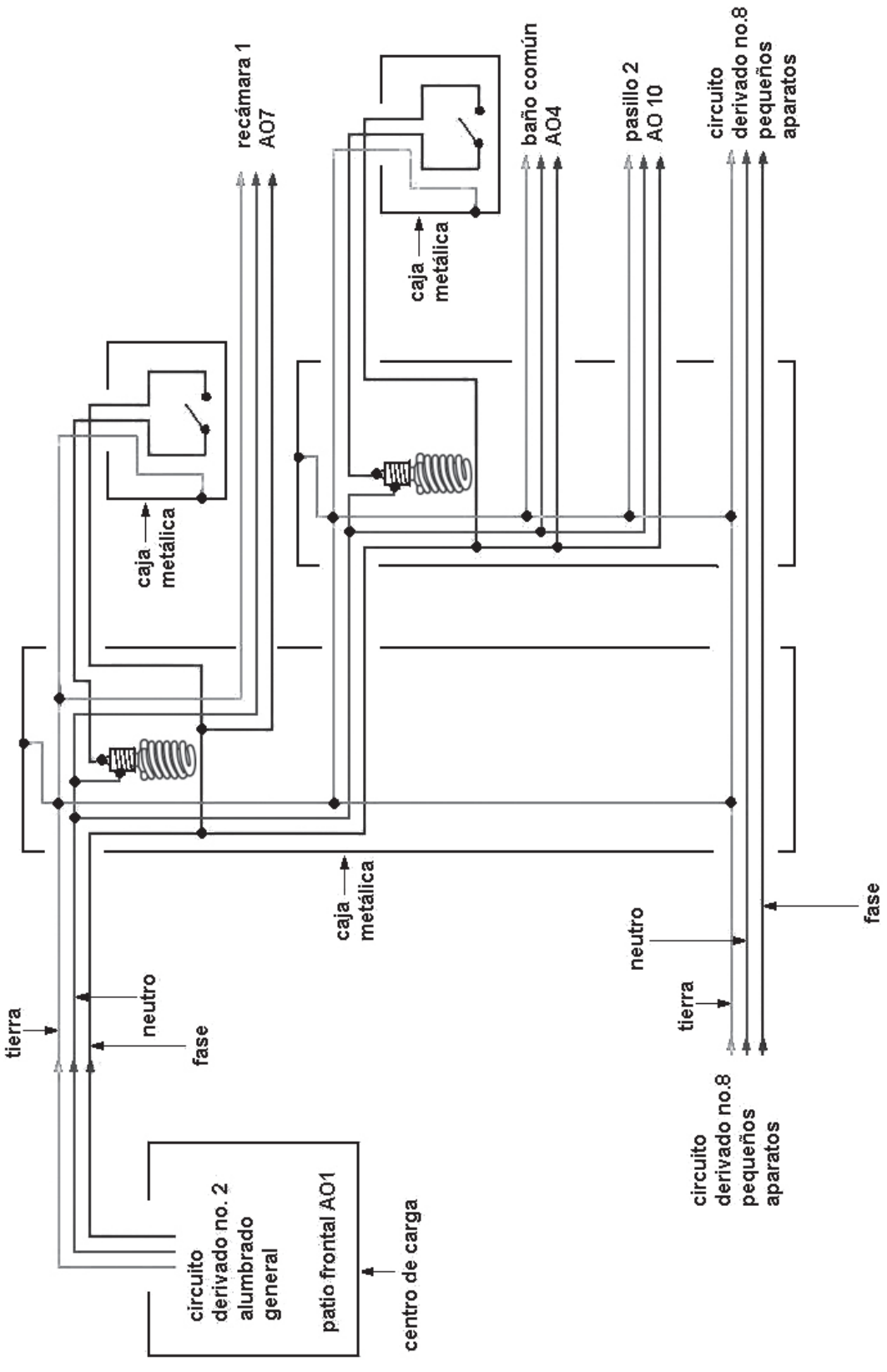


Figura 4.39. Guardarropa 1, área AO5 y guardarropa 2, área AO6. Circuito de alambrado.

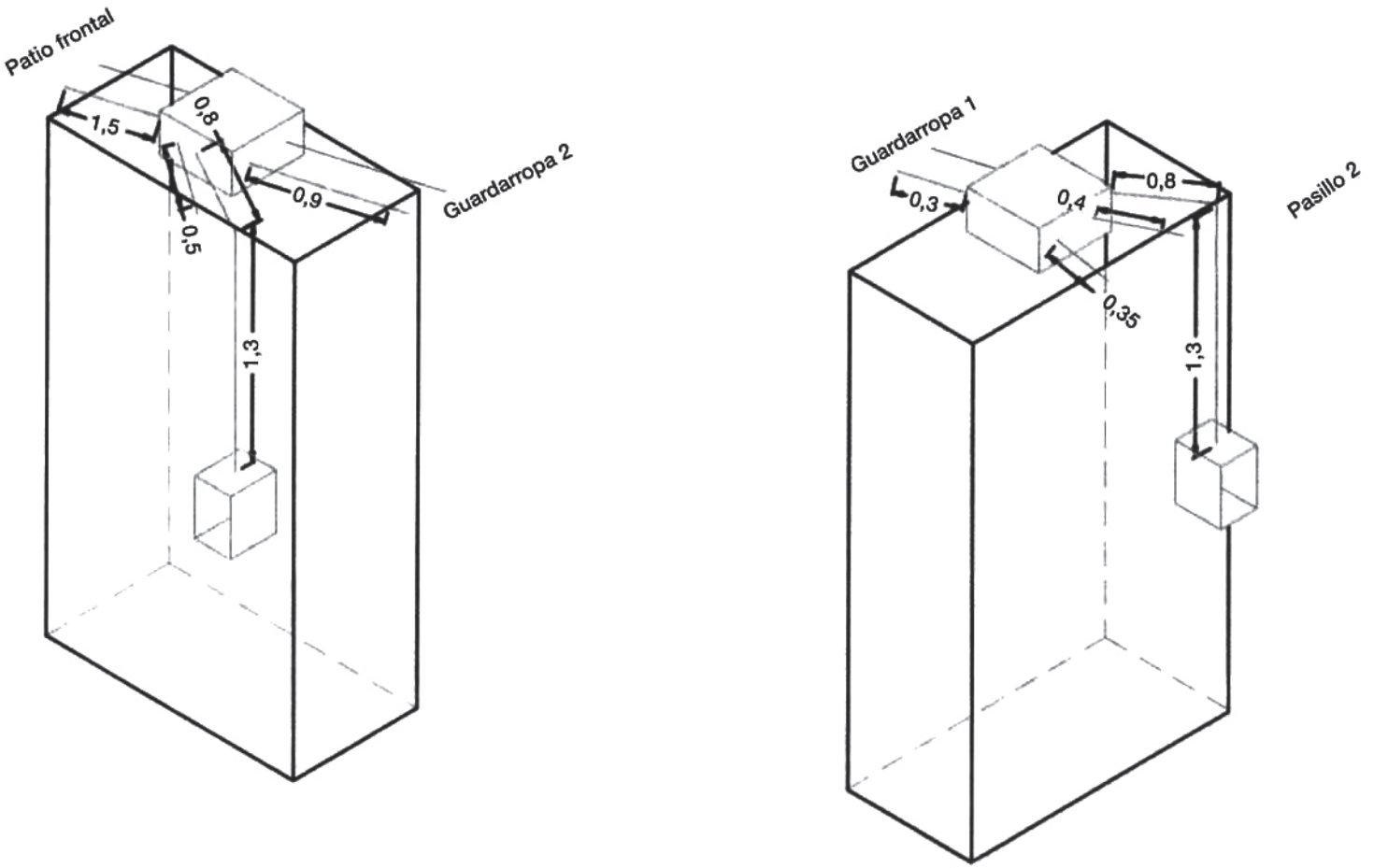


Figura 4.40. Vista en isométrico de tuberías y cajas de conexión. Guardarropas 1 y 2, áreas AO5 y AO6.

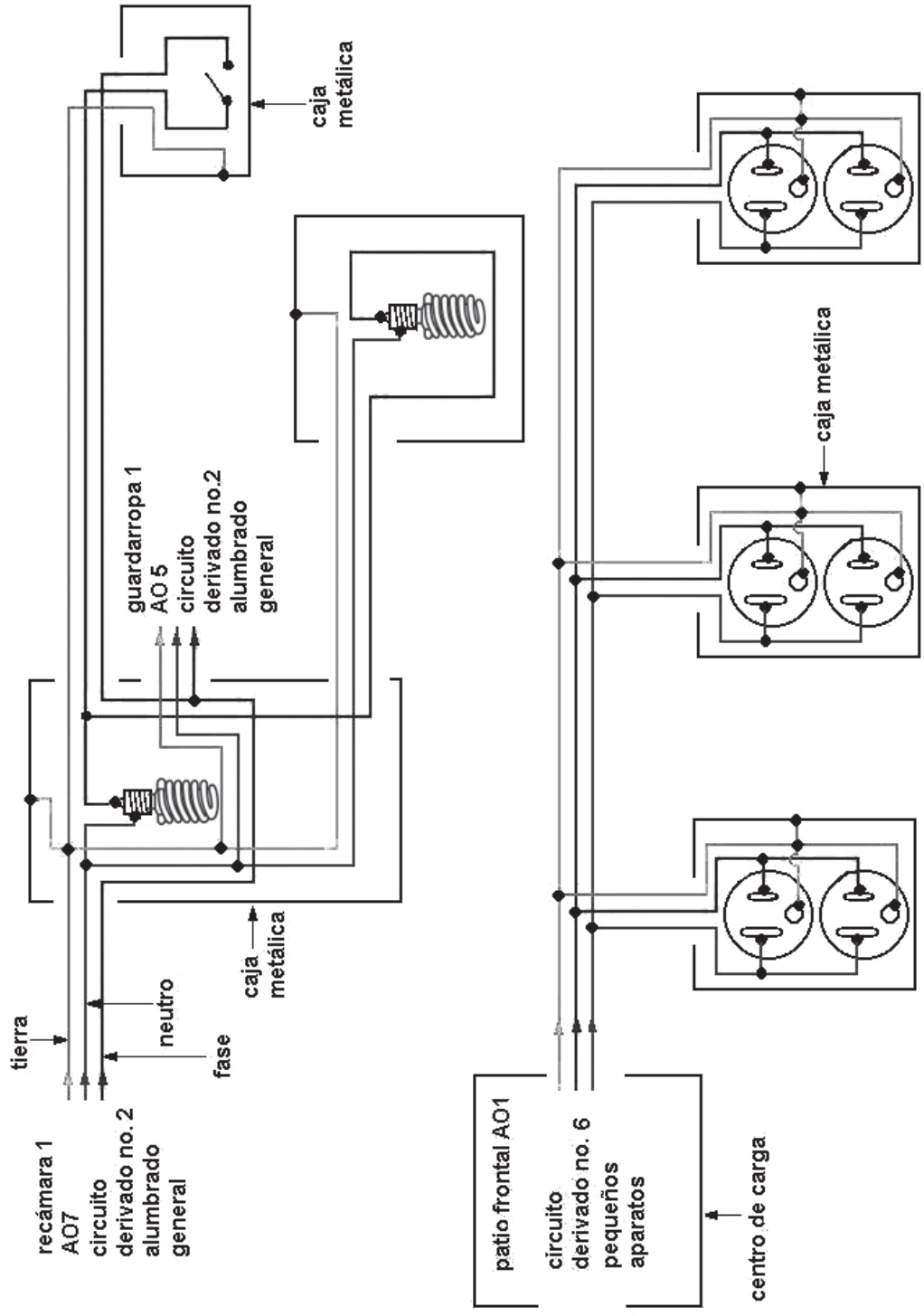


Figura 4.41. Recámara 1, área AO7. Circuito de alambrado.

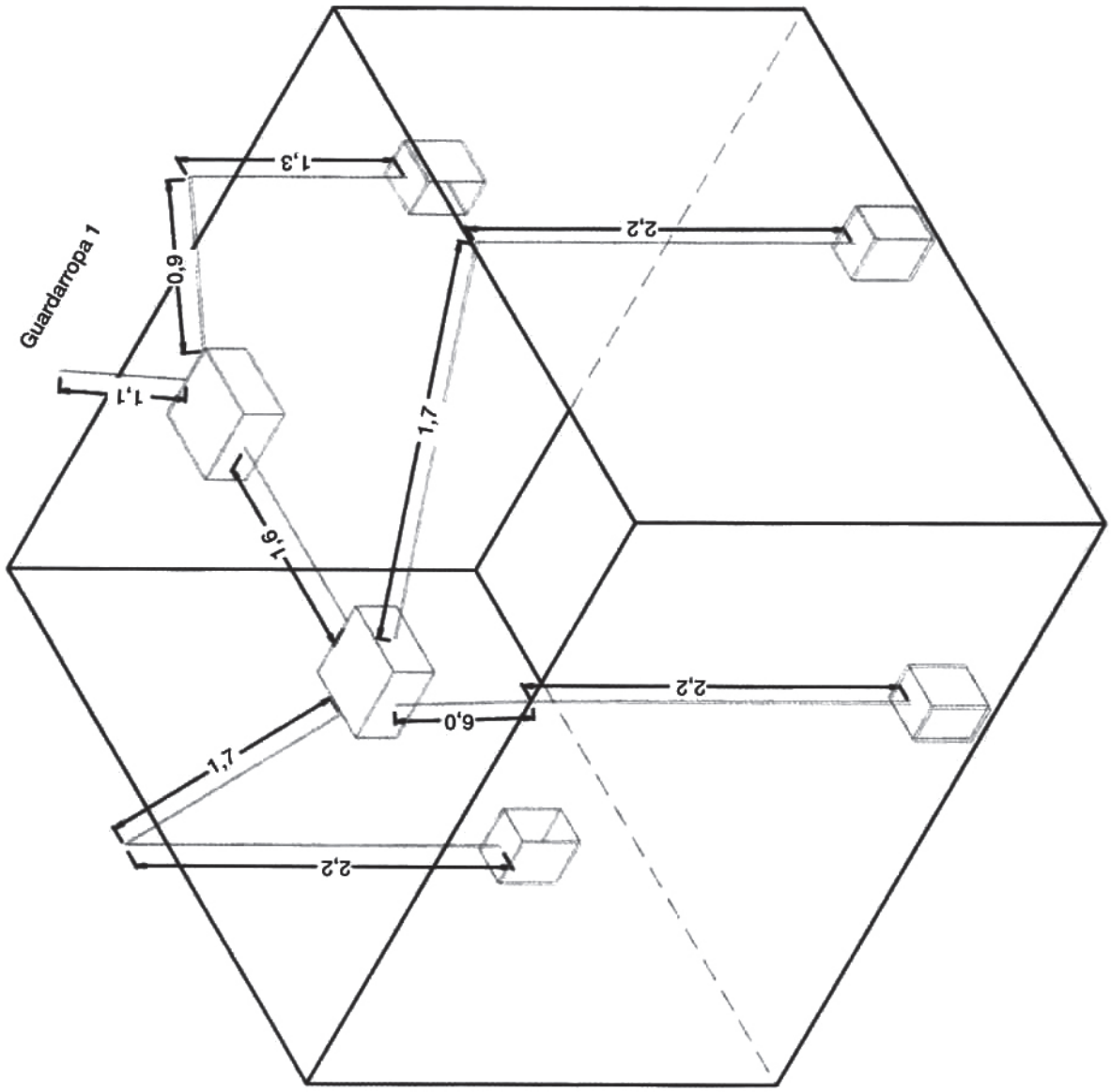


Figura 4.42. Vista en isométrico de tuberías y cajas de conexión. Recámara 1, área AO7.

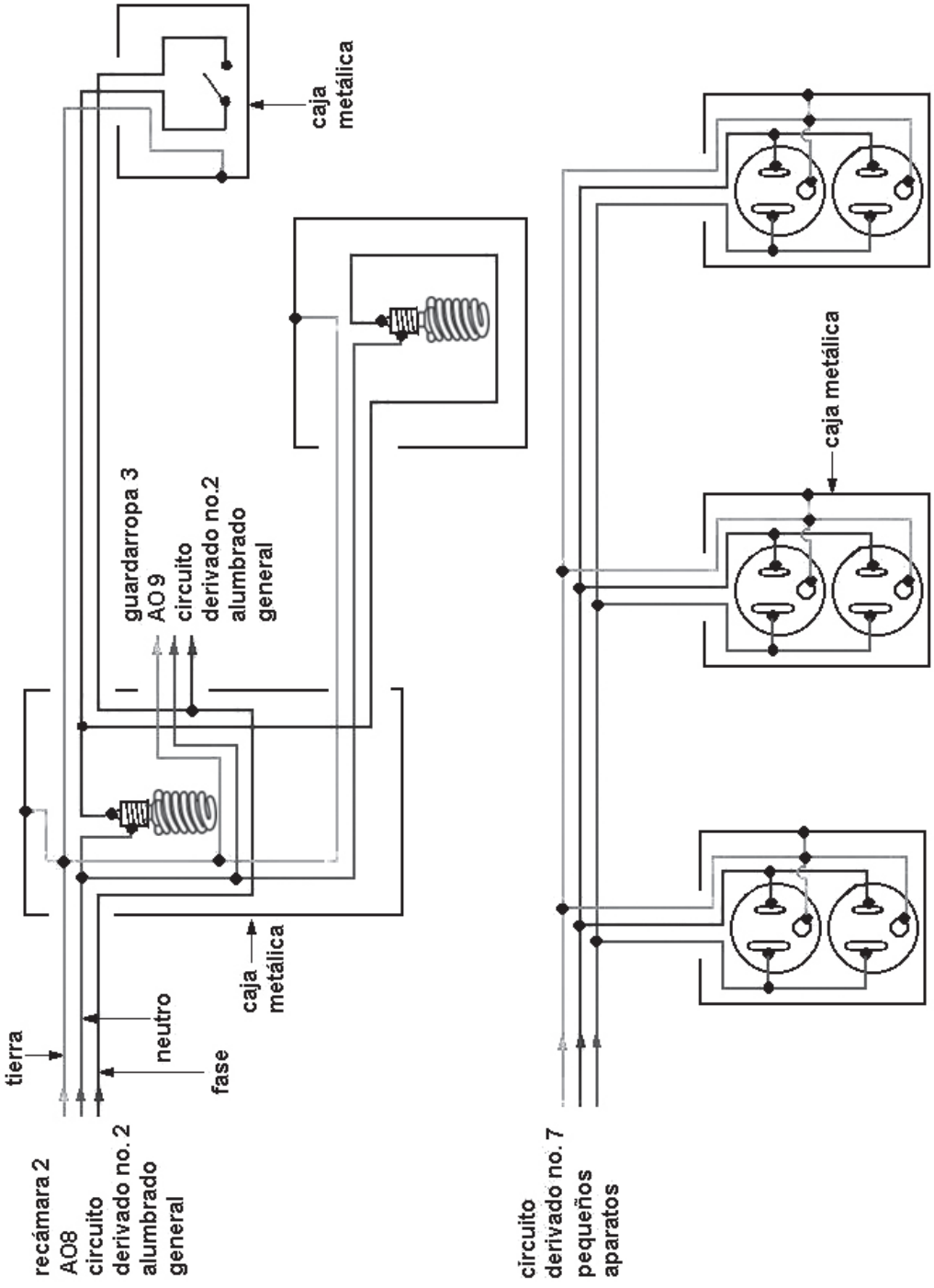


Figura 4.43. Recámara 2, área AO8. Circuito de alambrado.

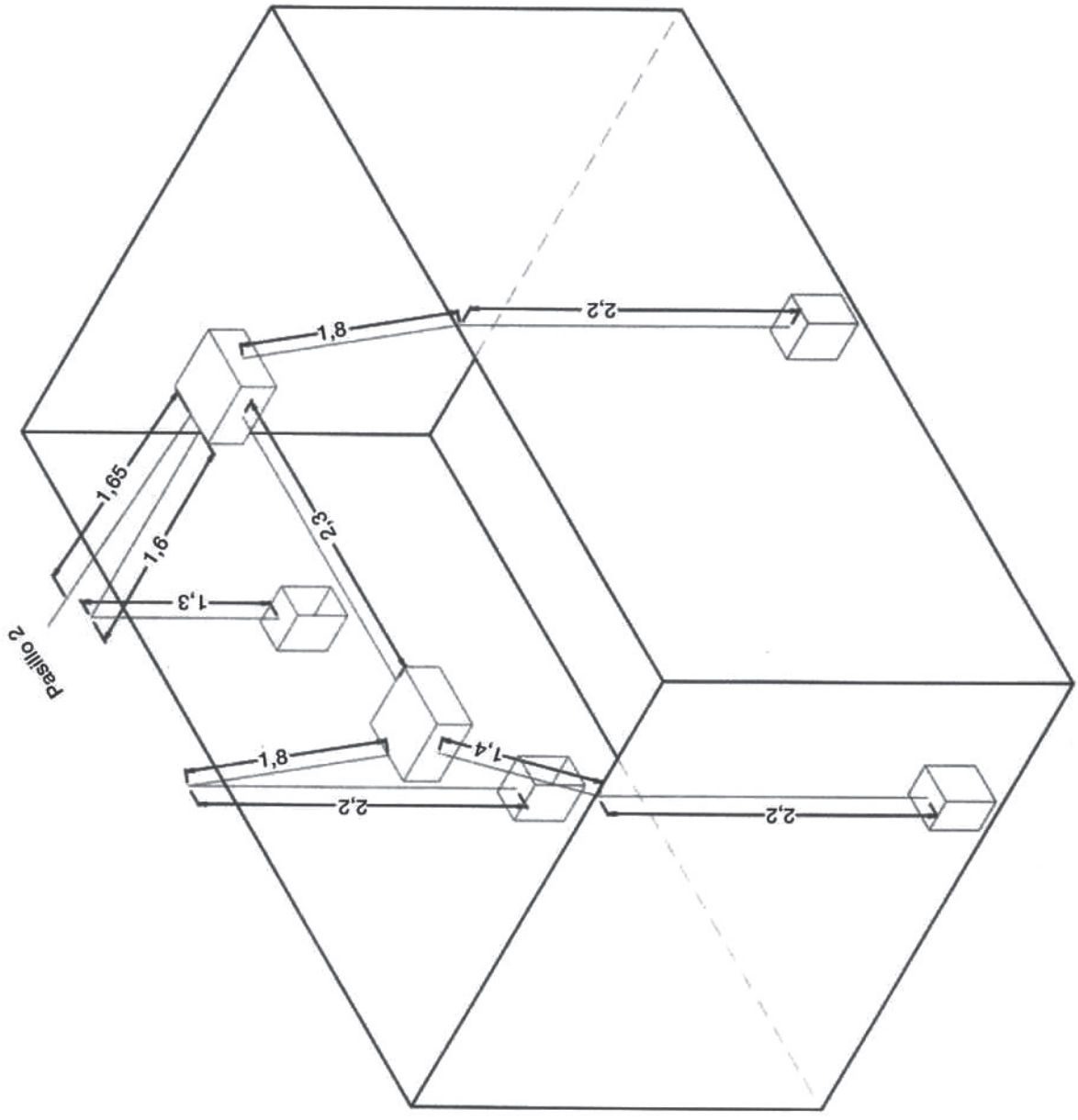


Figura 4.44. Vista en isométrico de tuberías y cajas de conexión. Recámara 2, área AO8.

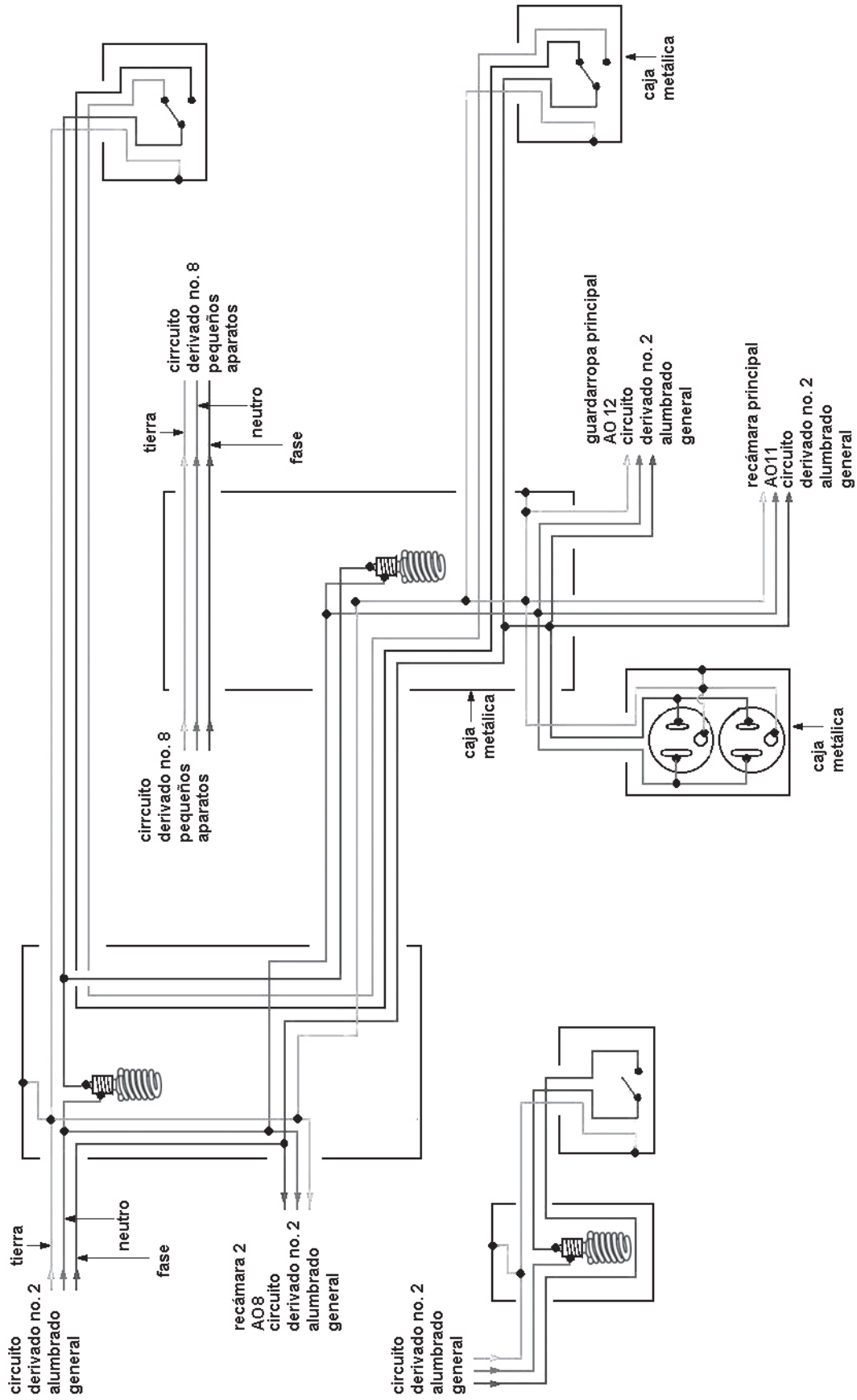

circuito derivado no. 2 alumbrado general
tierra
neutro
fase
recámara 2 AO8 circuito derivado no. 2 alumbrado general
circuito derivado no. 2 alumbrado general
tierra
cirrcuito derivado no. 8 pequeños aparatos
neutro
fase
cirrcuito derivado no. 8 pequeños aparatos
caja metálica
caja metálica
guardarropa principal AO 12 circuito derivado no. 2 alumbrado general
recámara principal AO11 circuito derivado no. 2 alumbrado general
caja metálica

Figura 4.45. Pasillo 2, área AO10 y guardarropa 3, área AO9. Circuito de alambrado.

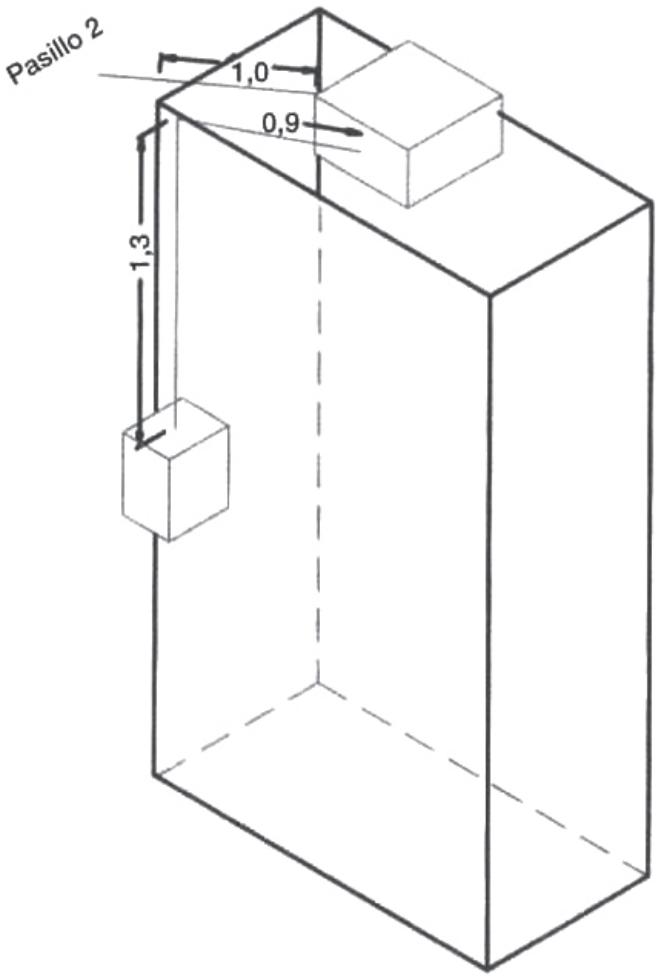


Figura 4.46. Vista en isométrico de tuberías y cajas de conexión. Guardarropa 3, área AO9.

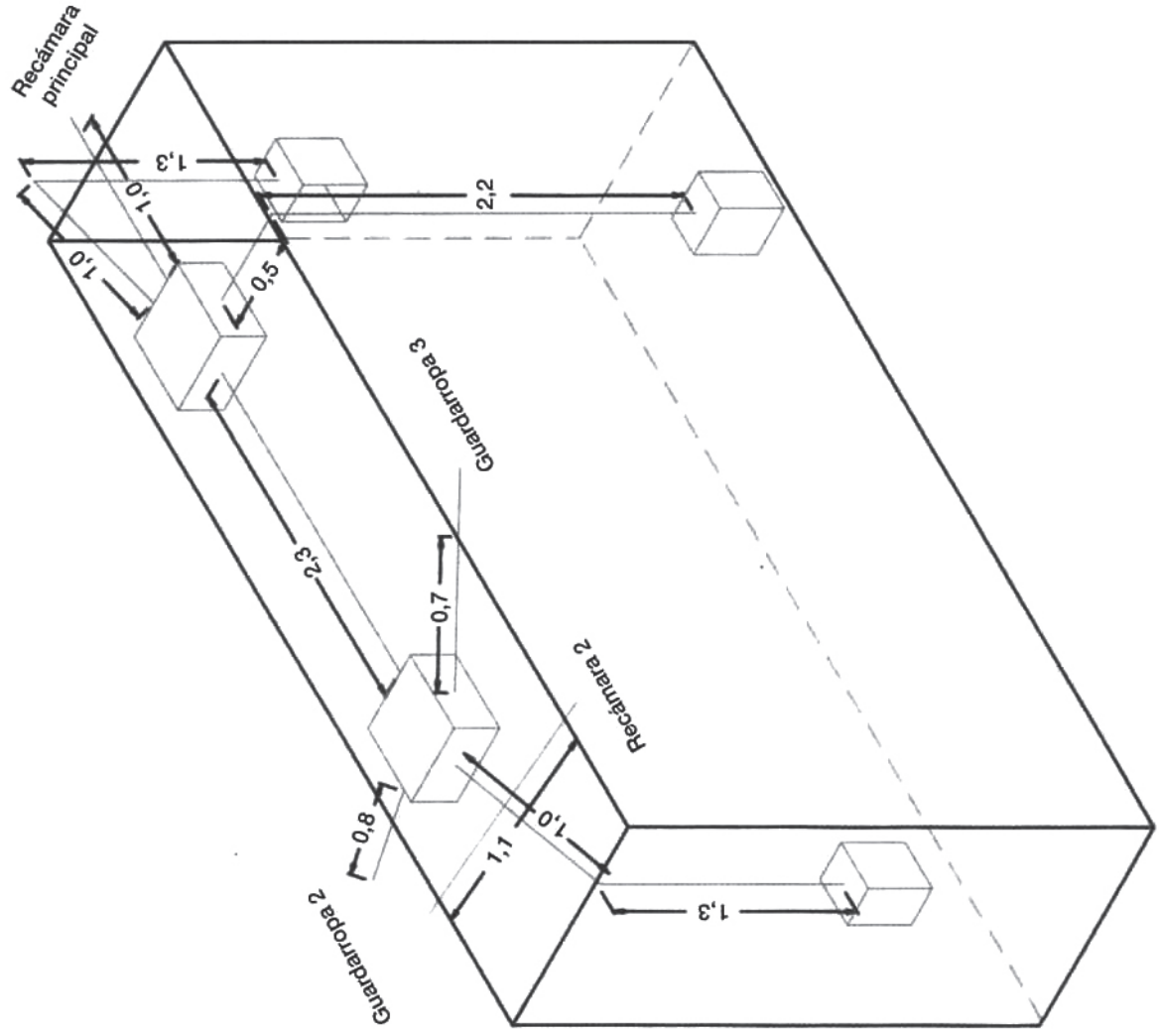


Figura 4.47. Vista en isométrico de tuberías y cajas de conexión. Pasillo 2, área AO10.

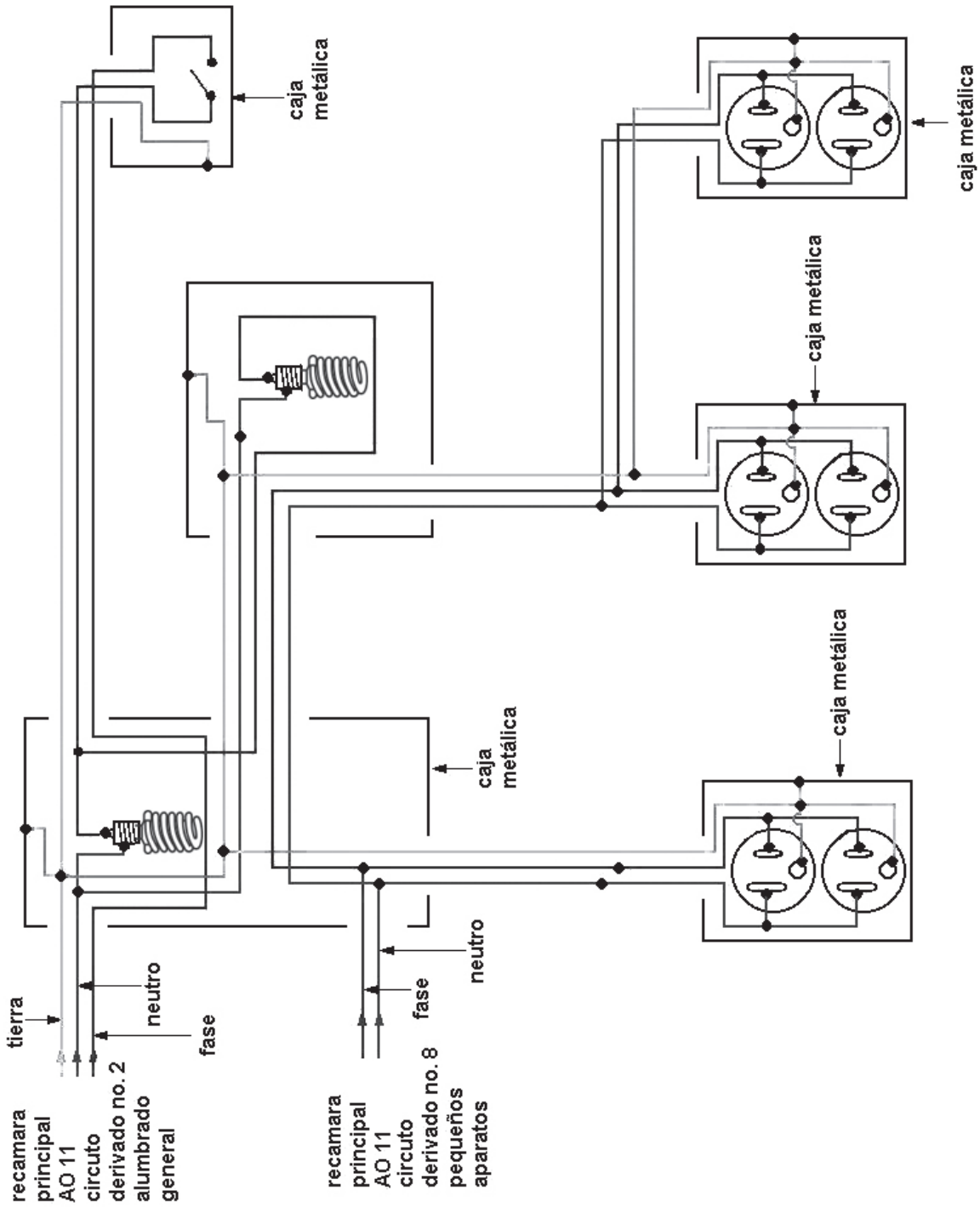


Figura 4.48. Recámara principal, área AO11. Circuito de alambrado

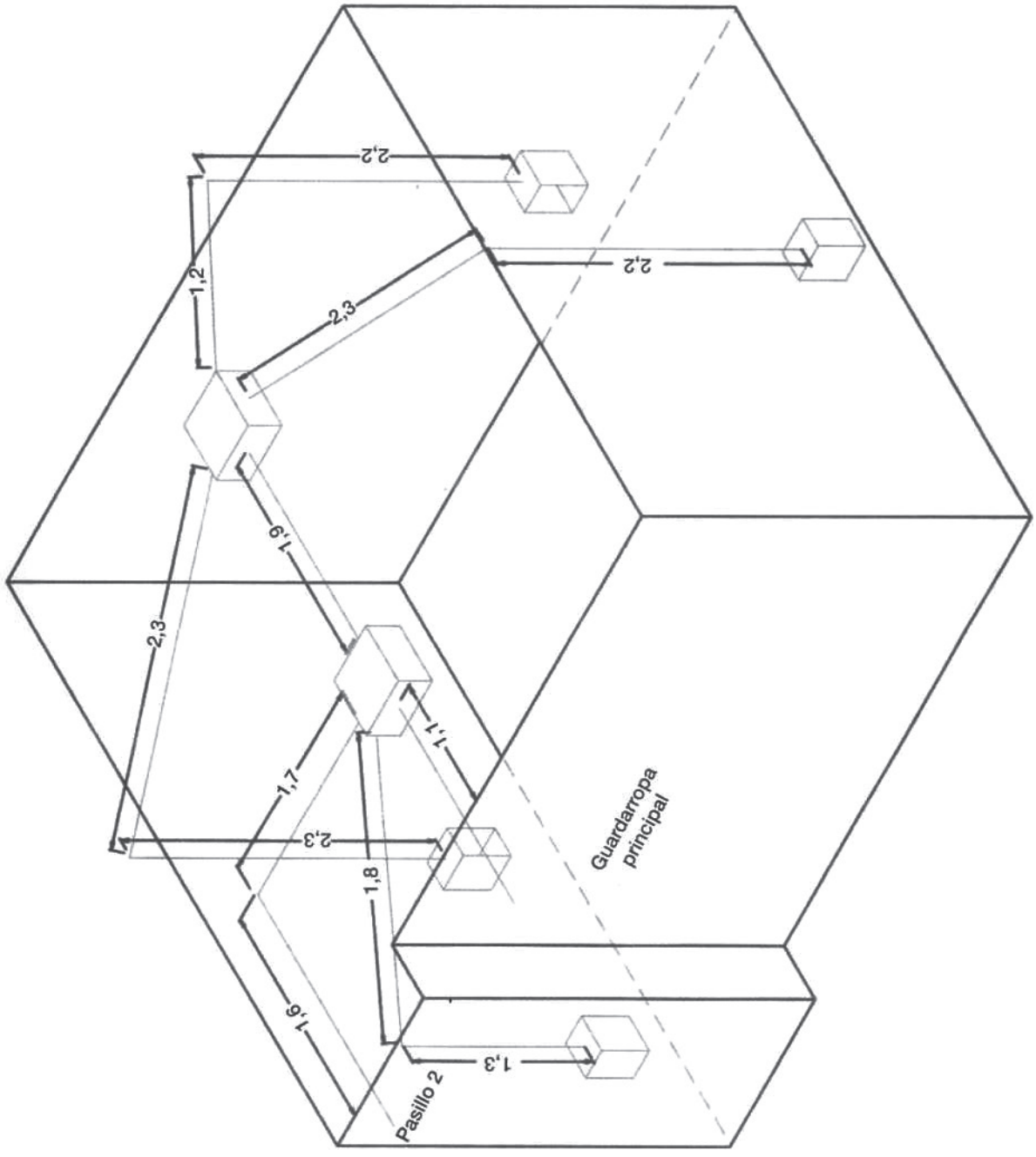


Figura 4.49. Vista en isométrico de tuberías y cajas de conexión. Recámara principal, área AO11.

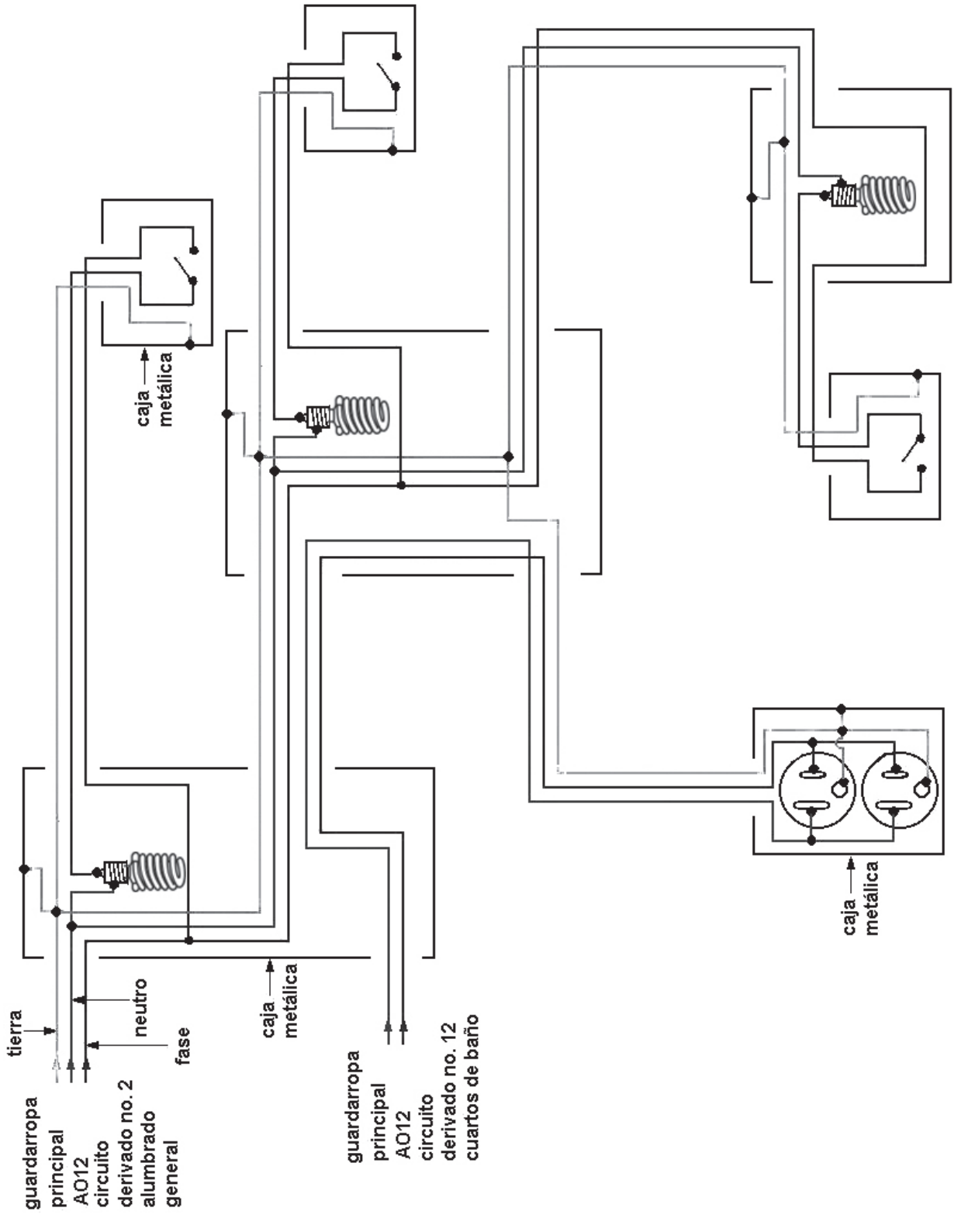


Figura 4.50. Guardarropa principal, área A012 y baño principal, área AO13. Circuito de alambrado.

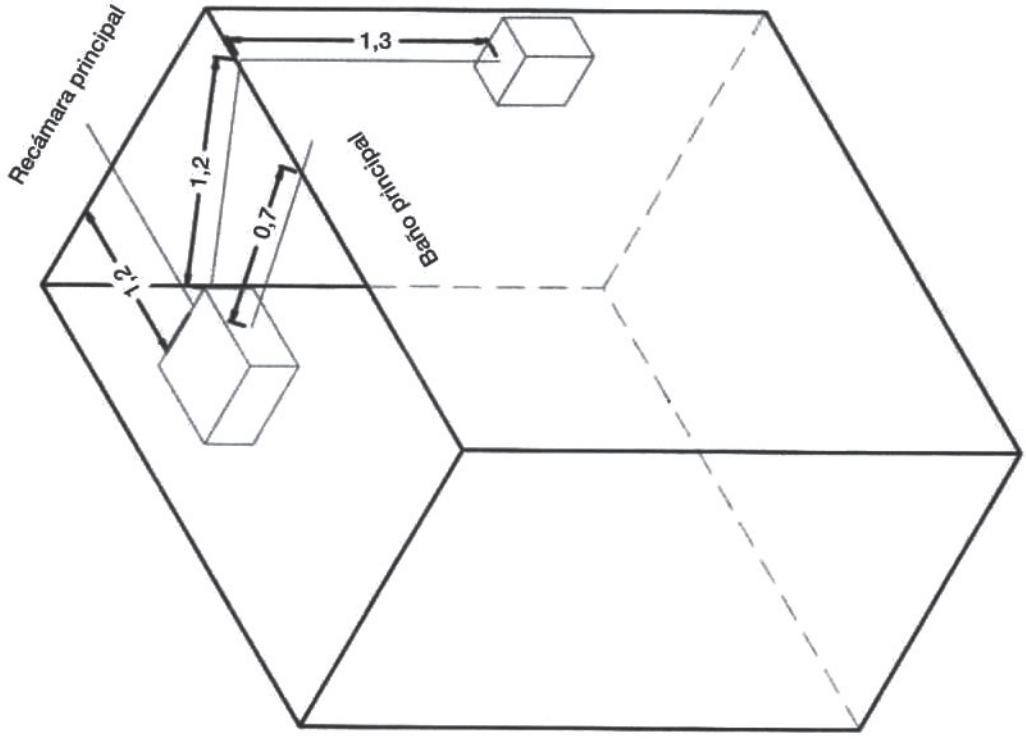


Figura 4.51. Vista en isométrico de tuberías y cajas de conexión. Guardarropa principal, área AO12.

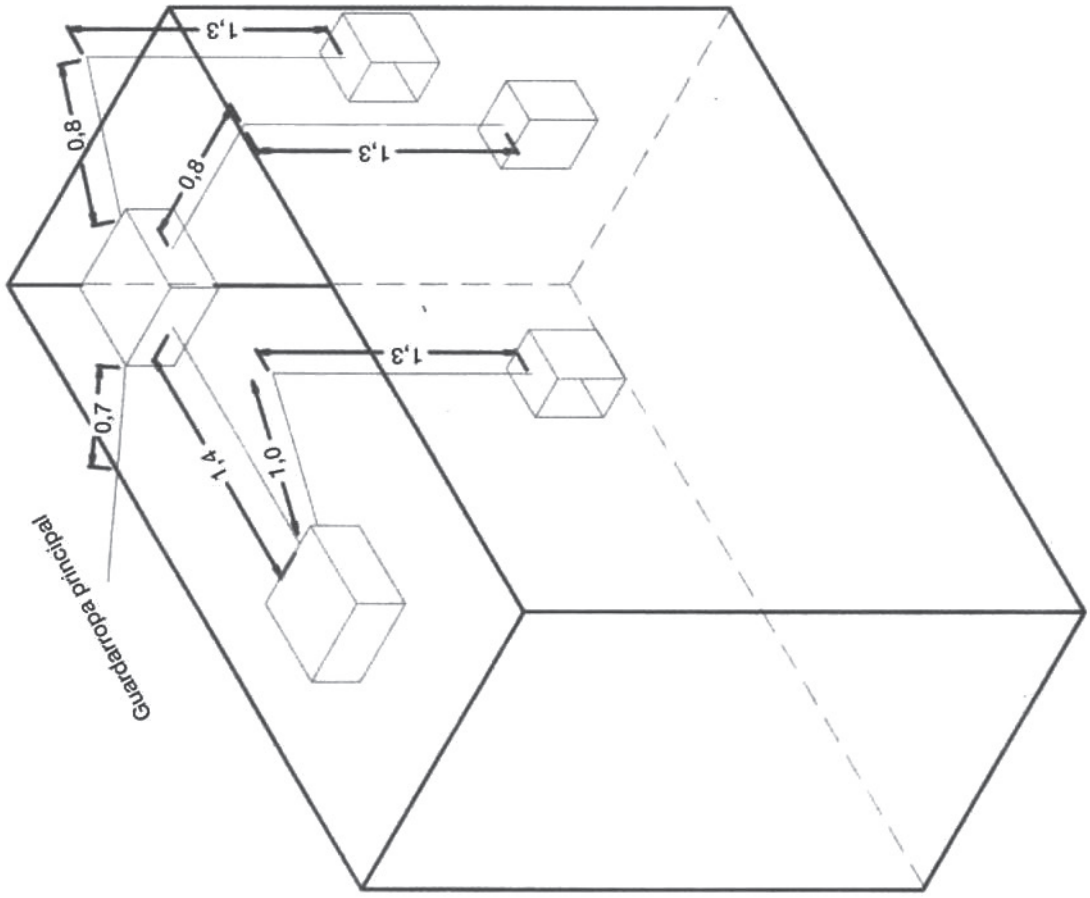


Figura 4.52. Vista en isométrico de tuberías y cajas de conexión. Baño principal, área AO13.

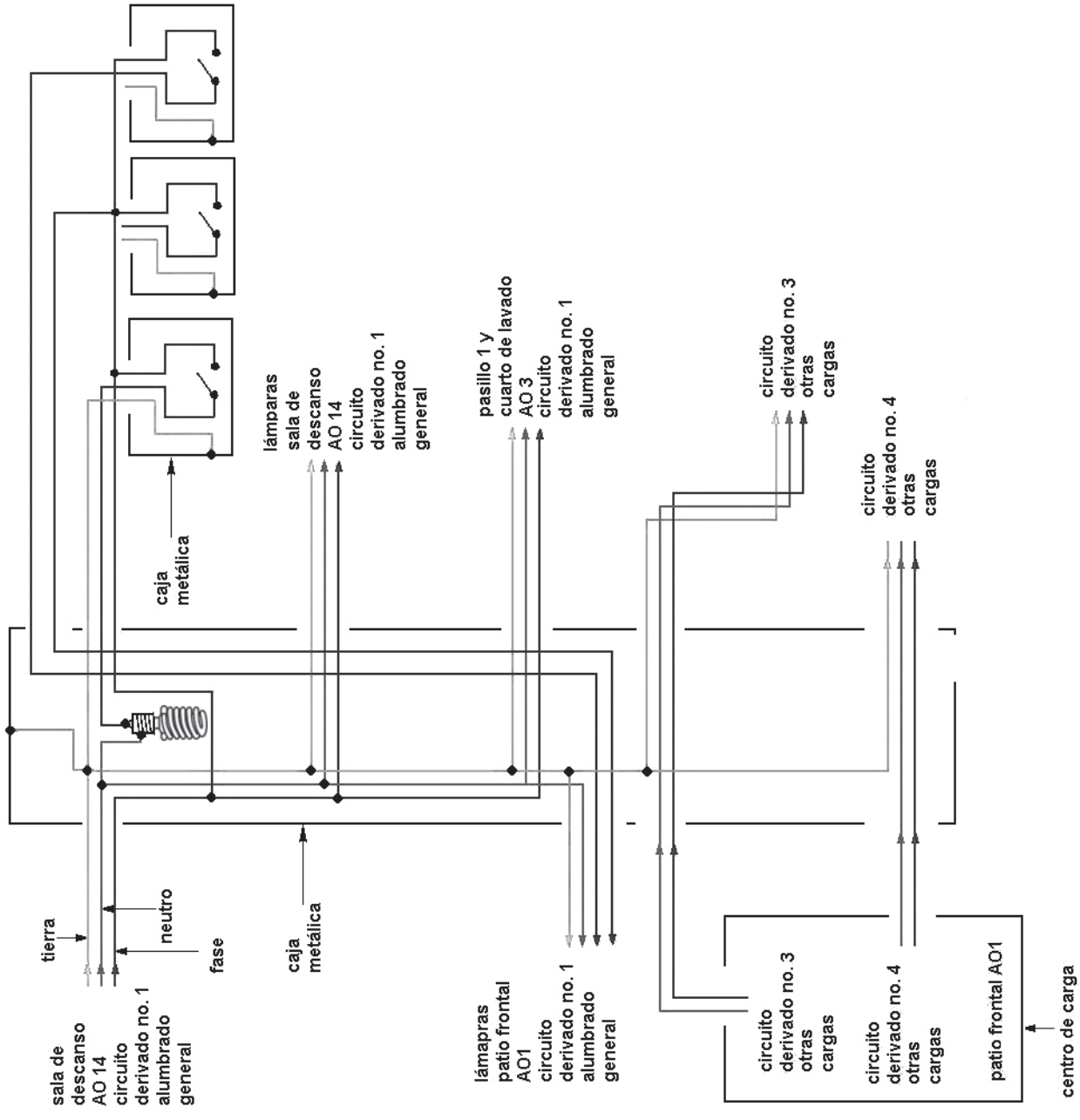

tierra
neutro
fase
caja metálica
caja metálica
lámparas sala de descanso AO 14 circuito derivado no. 1 alumbrado general
pasillo 1 y cuarto de lavado AO 3 circuito derivado no. 1 alumbrado general
circuito derivado no. 3 otras cargas
circuito derivado no. 4 otras cargas
sala de descanso AO 14 circuito derivado no. 1 alumbrado general
lámapras patio frontal AO1 circuito derivado no. 1 alumbrado general
circuito derivado no. 3 otras cargas
circuito derivado no. 4 otras cargas
patio frontal AO1
centro de carga

Figura 4.53. Sala de descanso AO14. Circuito de alambrado No. 1

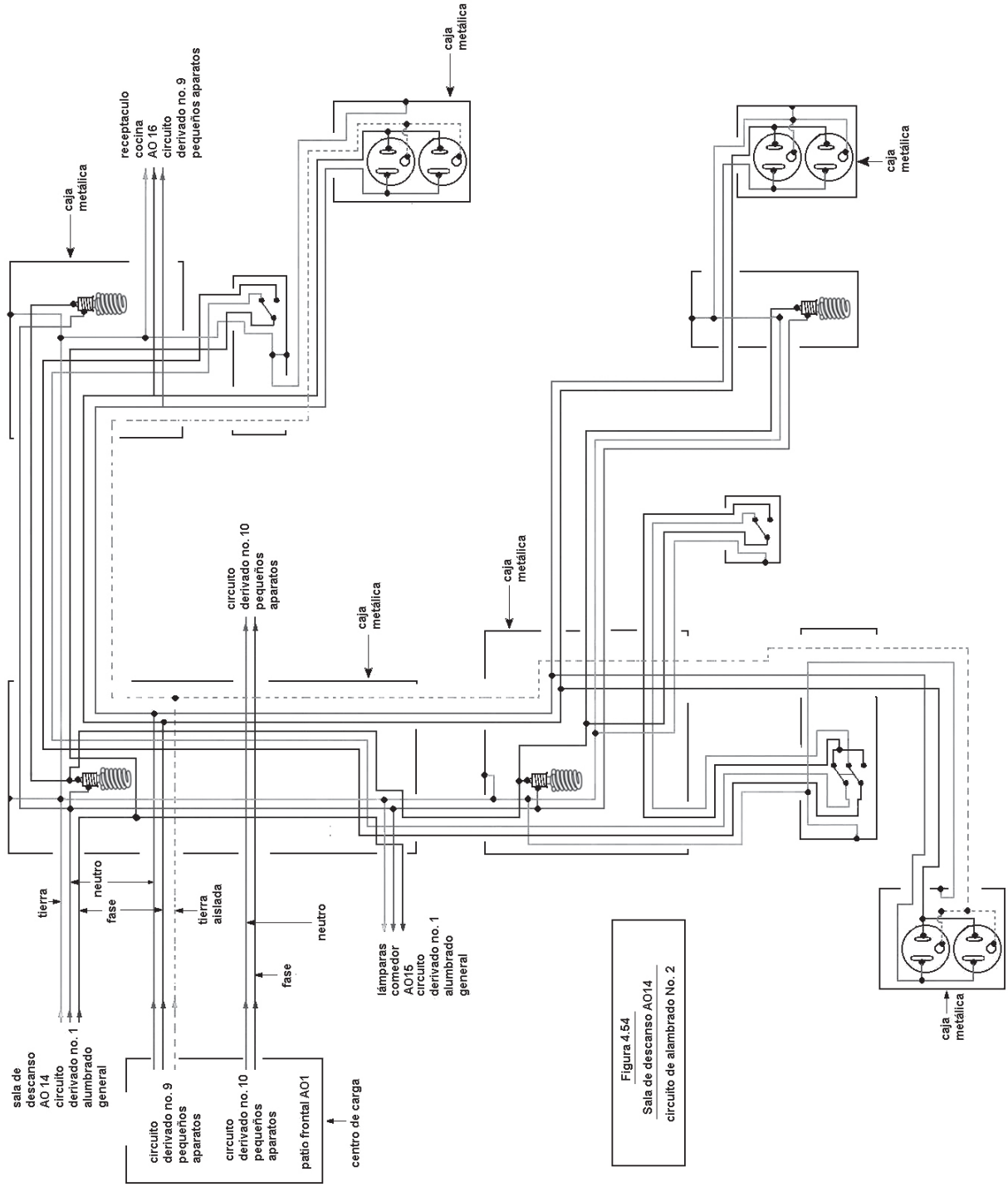


Figura 4.54. Sala de descanso AO14. Circuito de alambrado No. 2

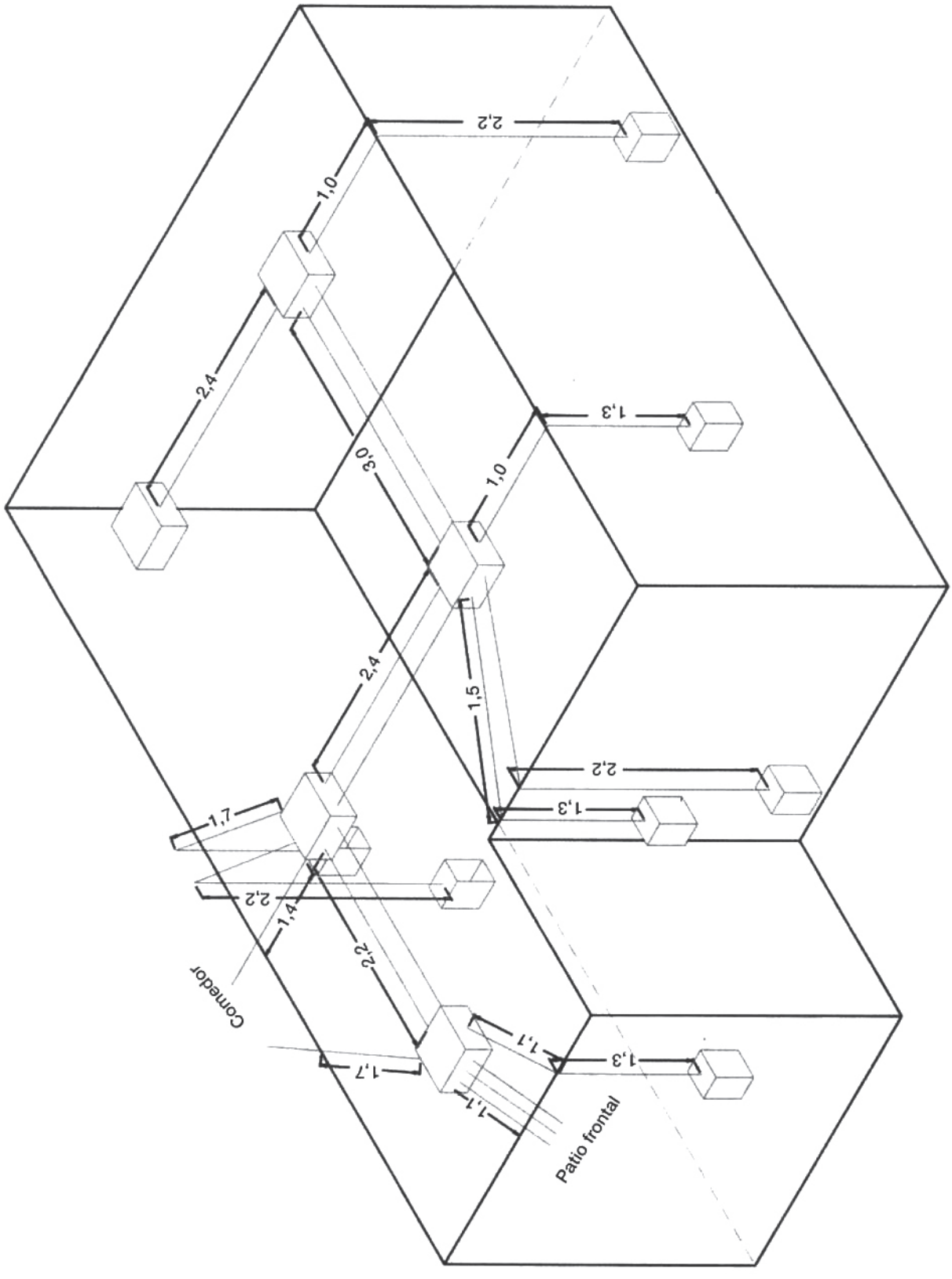


Figura 4.55. Vista en isométrico de tuberías y cajas de conexión. Sala de descanso, área AO14.

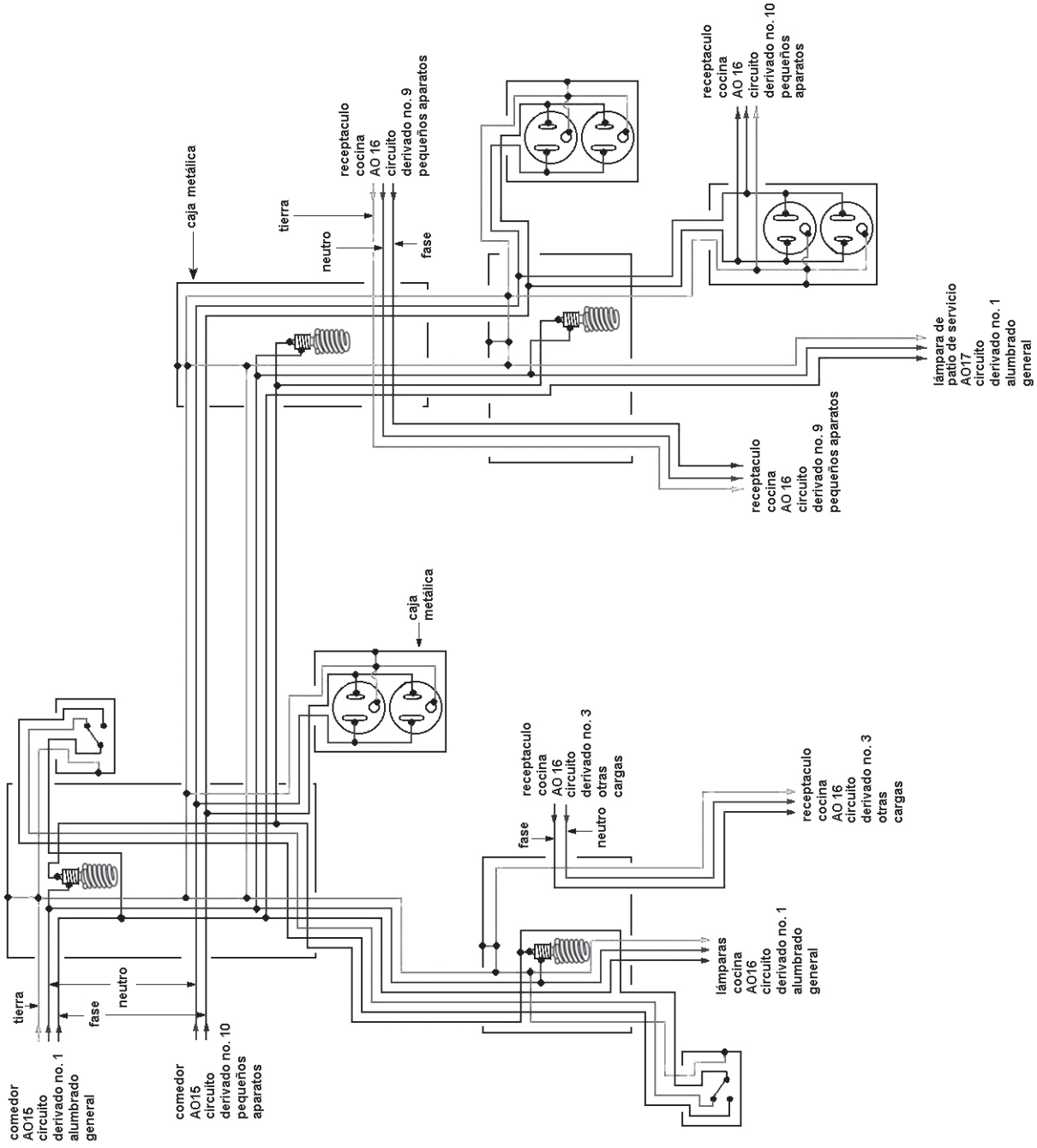


Figura 4.56. Comedor, área AO15. Circuito de alambrado

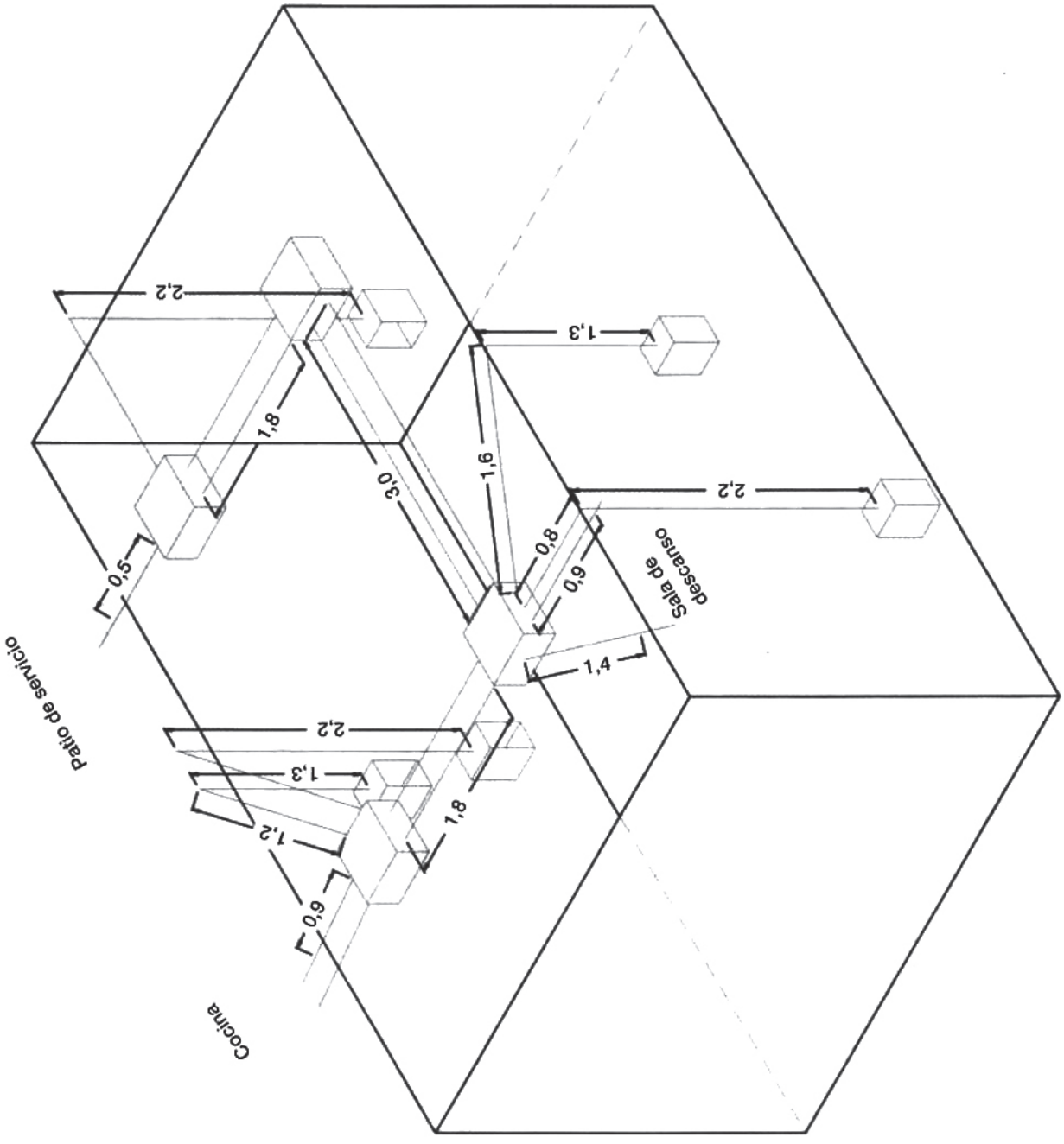


Figura 4.57. Vista en isométrico de tuberías y cajas de conexión. Comedor, área AO15.

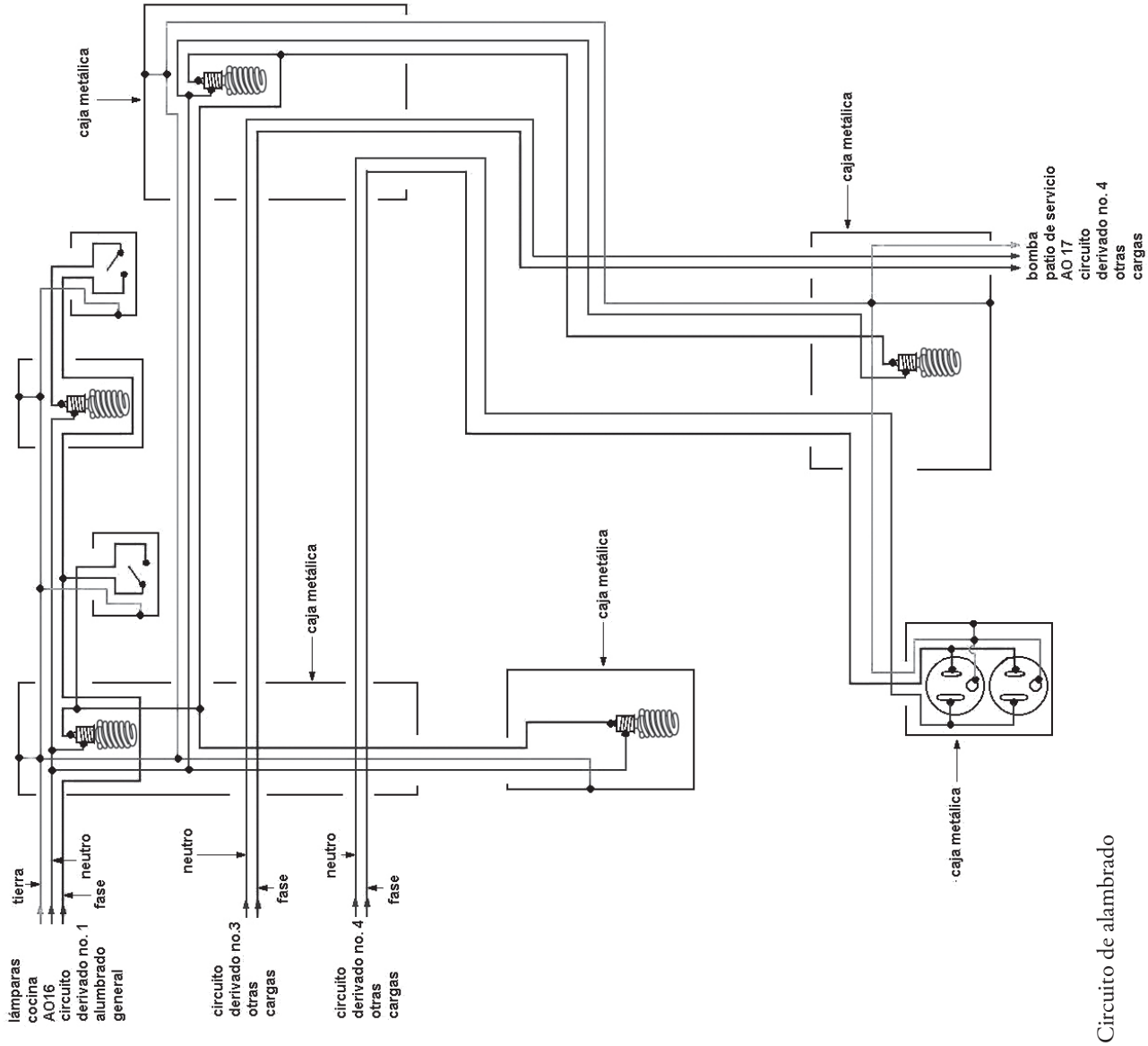


Figura 4.58. Cocina, AO16. Circuito de alambrado

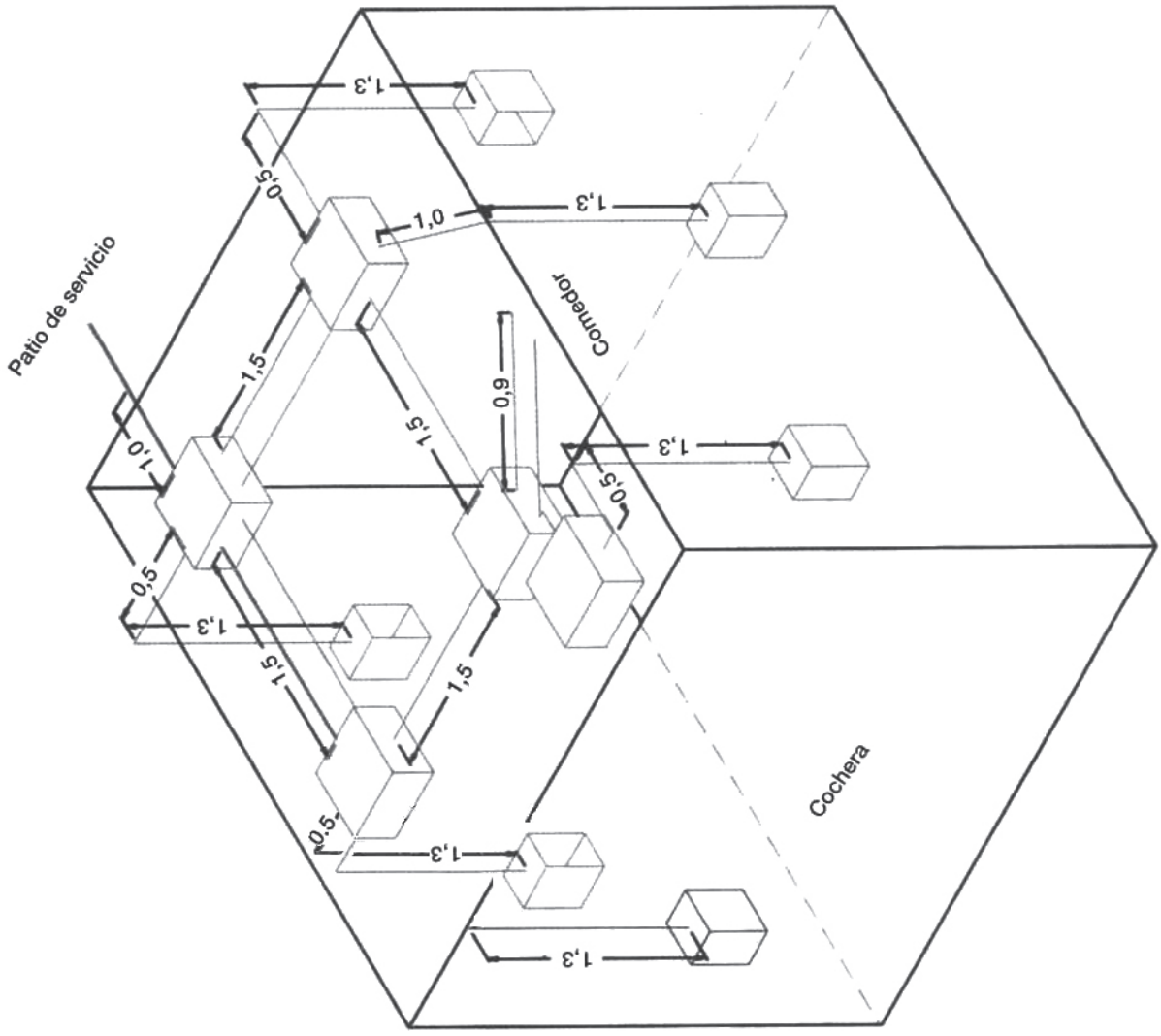


Figura 4.59. Vista en isométrico de tuberías y cajas de conexión. Cocina, área AO16.

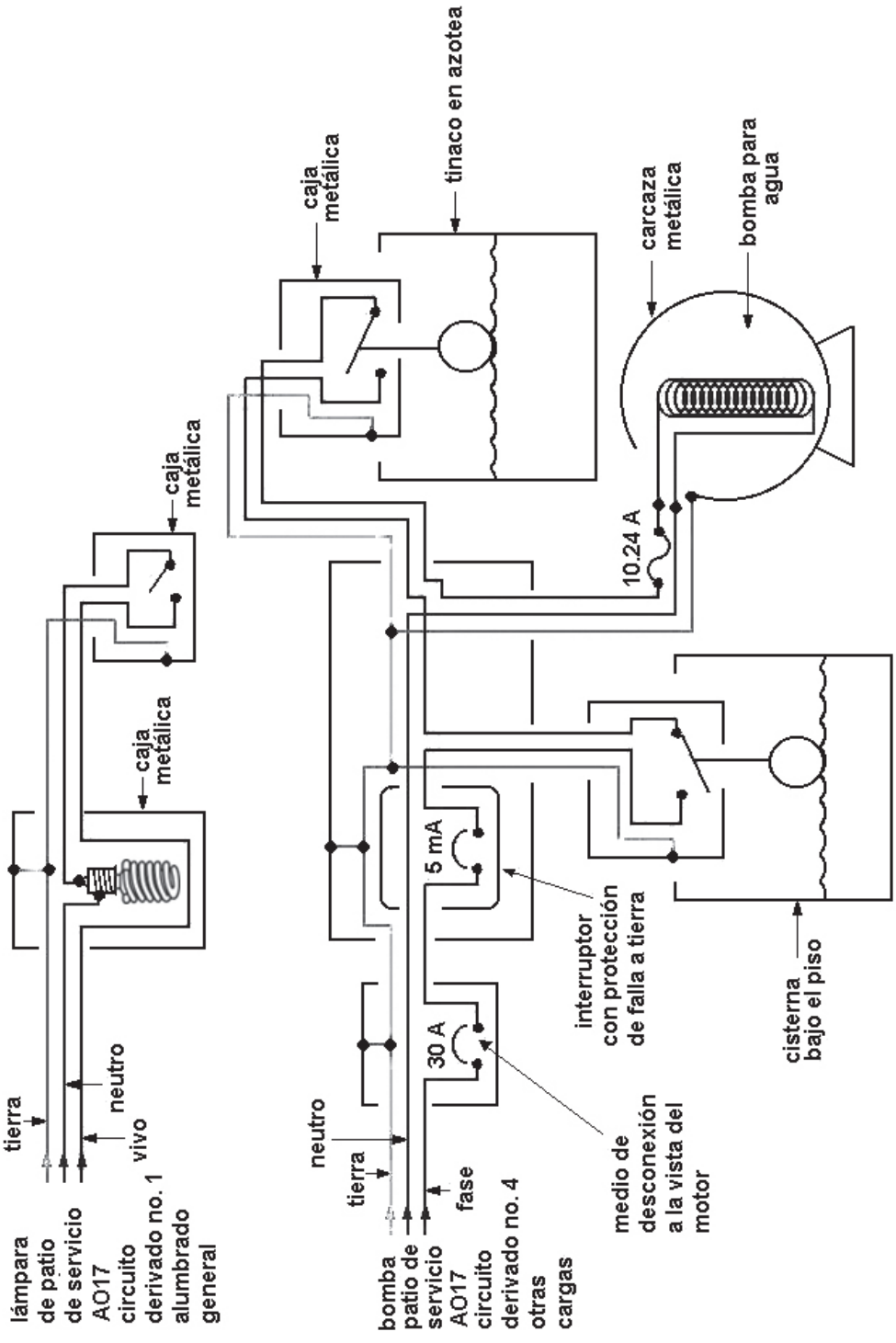


Figura 4.60. Patio de servicio AO17. Circuito de alambrado.

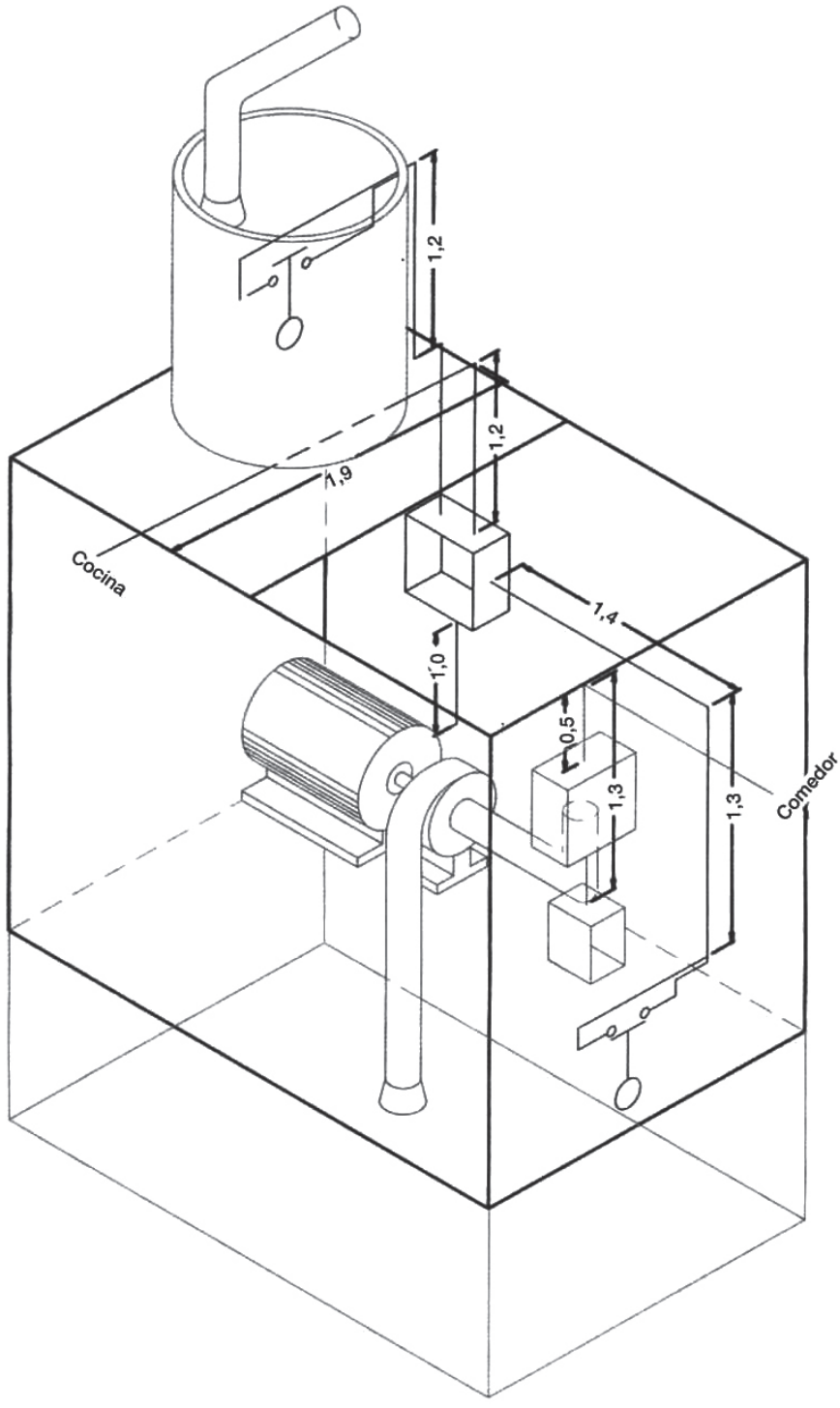


Figura 4.61. Vista en isométrico de tuberías y cajas de conexión.
Patio de servicio, área AO17.

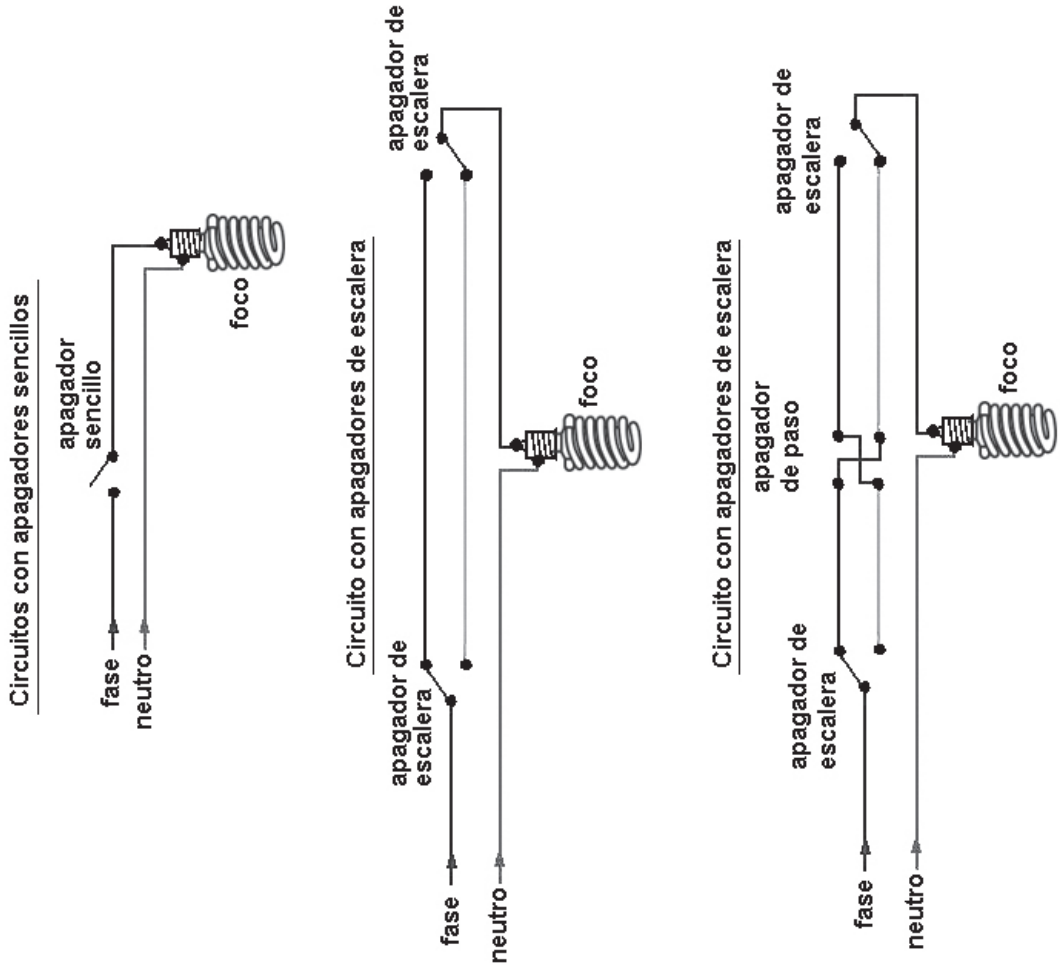


Figura 4.62. Diagramas eléctricos de circuitos

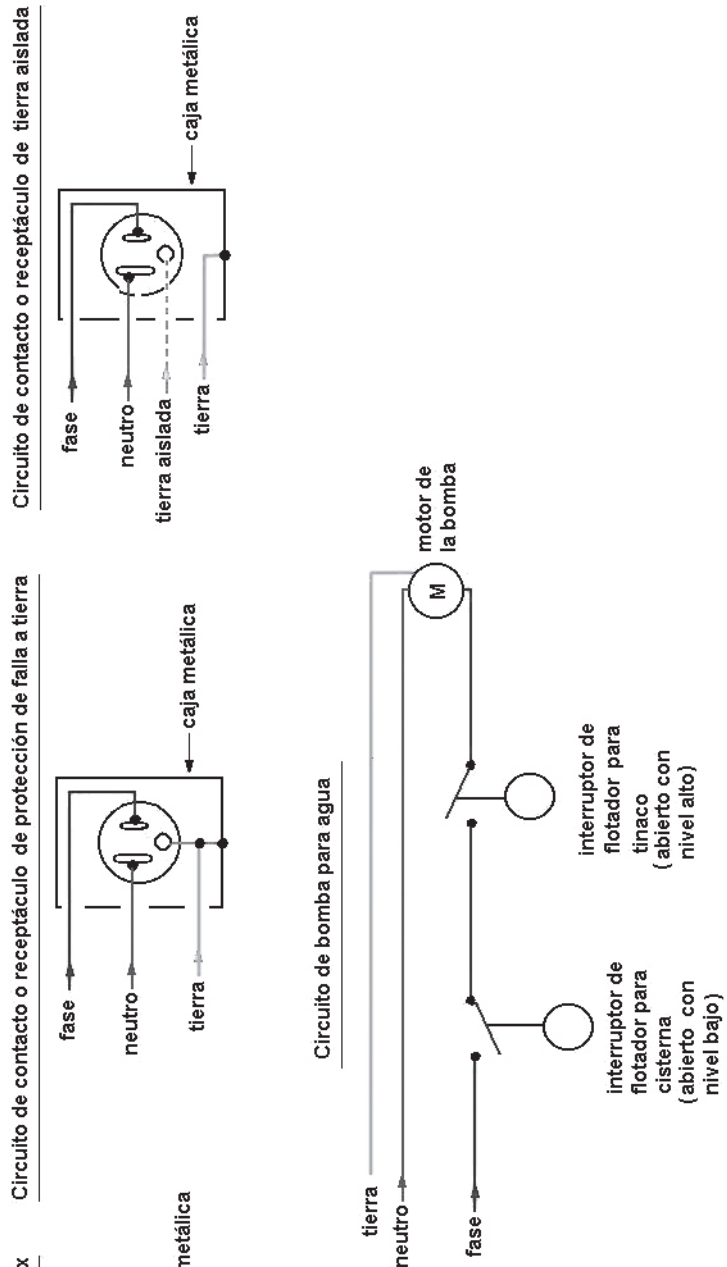


Figura 4.63. Diagramas eléctricos de circuitos .

Unión y conexión de los cables

Amarres

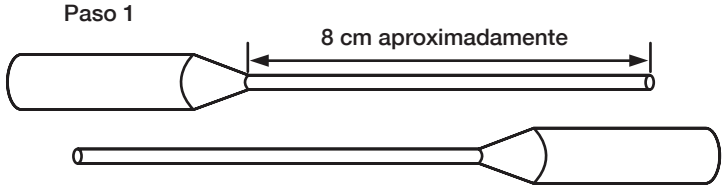
Un amarre es la unión o conexión de dos o más alambres o cables, también conocido como *empalme* o *conexión*. Existen diferentes tipos de amarres, los cuales dependen del propósito de la unión en una instalación eléctrica. Es importante verificar que su fortaleza, tanto en el aspecto mecánico como eléctrico, no sea inferior a la del conductor.

En este manual mostraremos algunos de los amarres más comunes y frecuentes, tanto para alambres como para cables. Hay que tomar en cuenta que el empalme o conexión es el punto más crítico y vulnerable de una instalación eléctrica, por lo cual su confiabilidad depende de la buena elaboración de dicho empalme.

Amarre Western Union

Este amarre nos sirve para unir dos alambres; soporta mayores esfuerzos de tensión y se utiliza principalmente para tendidos. En la figura 5.1 se muestra el procedimiento para su elaboración.

1. Retire el aislamiento aproximadamente 8 cm de la punta de los conductores a unir, ráspelos y límpielos correctamente.
2. Realice a cada alambre un doblez en forma de "L" a 2,5 cm aproximadamente del aislamiento.
3. Cruce los cables y con la ayuda de las pinzas comience a doblar una de las puntas enrollando alrededor del otro conductor, apretando las espiras o vueltas con las pinzas.
4. Una vez que ha terminado de enrollar una de las puntas, repita el proceso con la otra punta trabajando en dirección contraria.
5. Corte los sobrantes de alambre y por último suelde.



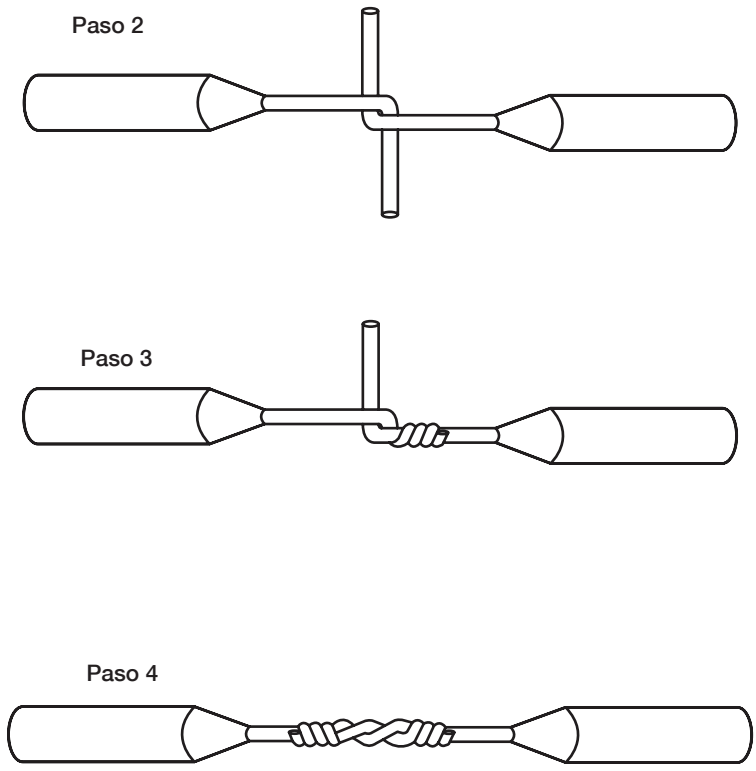


Figura 5.1. Amarre Western Union

Amarre Cola de puerco

Este tipo de amarre se emplea cuando los alambres no van a estar sujetos a esfuerzos de tensión excesivos. Se utiliza para hacer las conexiones de los alambres en las cajas de conexión o salidas. En este tipo de amarres, el encintado puede ser sustituido por un conector de capuchón (véase figura 5.2.).

1. Retire aproximadamente 5 cm de aislamiento de cada una de las puntas de los conductores a unir.
2. Coloque las puntas paralelas lo más juntas posible y con la ayuda de una pinza comience a torcer las puntas desnudas como si fuera una cuerda.
3. Apriete correctamente el amarre. Si desea sustituir el encintado coloque el conector de capuchón.

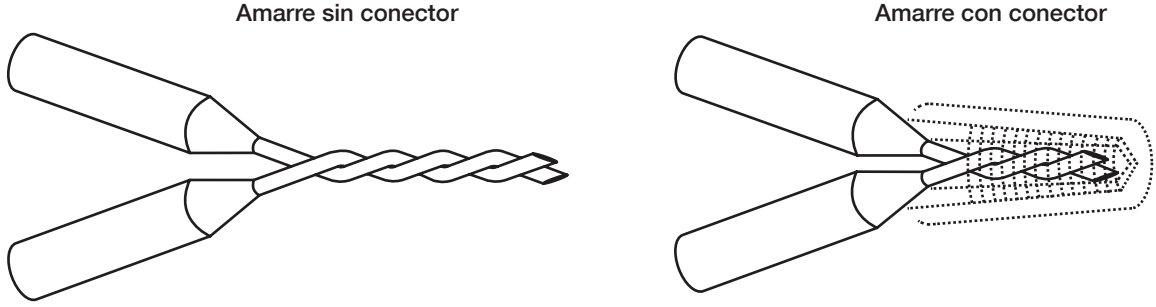
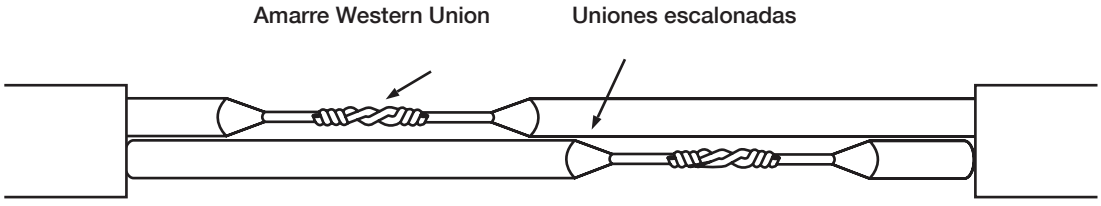


Figura 5.2. Amarre Cola de puerco.

Amarre Dúplex

En la figura 5.3 se ilustra este amarre, el cual es utilizado para unir alambres dúplex. Este amarre está compuesto por dos amarres o uniones Western Union, realizados escalonadamente, con el propósito de evitar diámetros excesivos al colocar la cinta aislante.



1. Figura 5.3. Amarre Dúplex.

Amarre de alambres en "T" o de derivación ordinaria

Para realizar una unión de un alambre a otro que corre sin interrupción, se emplea este tipo de amarre. A continuación se presenta el procedimiento para realizar el amarre de la figura 5.4:

1. Retire aproximadamente 3 cm de aislamiento del alambre que corre, utilice navaja o pinzas. Raspe y limpie el alambre.
2. Retire aproximadamente 8 cm de aislamiento de la punta del alambre que va a unir, se recomienda raspar y limpiar.
3. Coloque el alambre a derivar en forma perpendicular (en ángulo recto) al alambre corrido (principal).
4. Con la mano comience a enrollar el alambre derivado sobre el alambre principal en forma de espiras, con la ayuda de las pinzas apriete las espiras o vueltas.
5. Corte el sobrante y verifique que las espiras no queden encimadas al aislamiento. Suelde la unión.

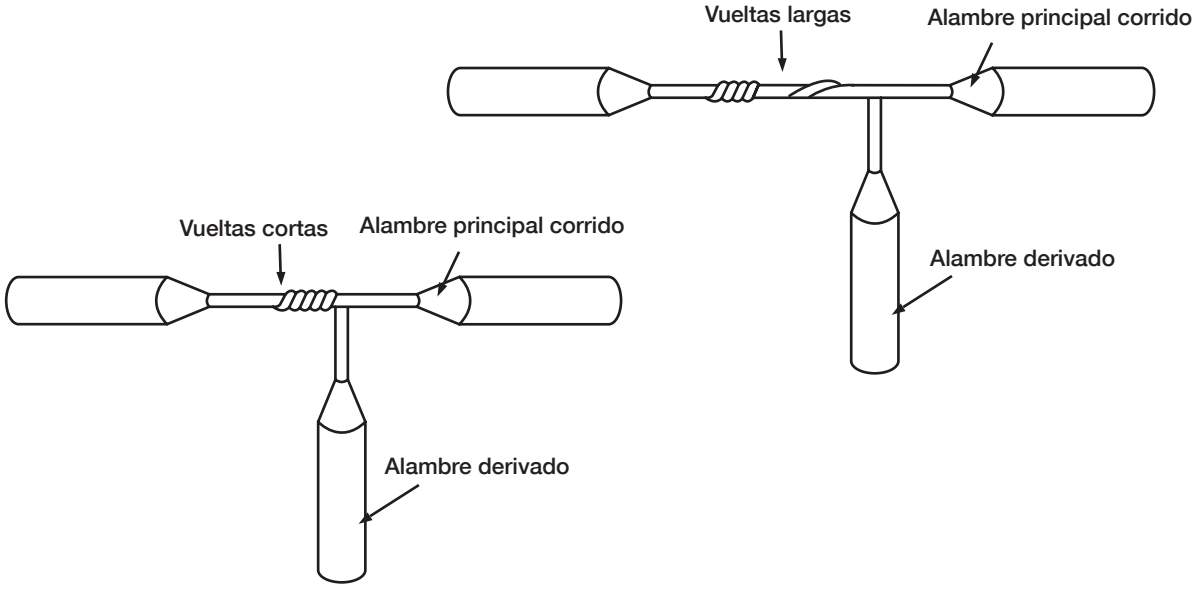


Figura 5.4. Amarre de alambres en "T" o derivación ordinaria.

Amarre de alambres en "T" o de derivación anudada

En la figura 5.5 se presenta una variante del amarre anterior, este tipo de amarre es poco usado en la práctica, ya que se requiere mayor tiempo para realizarlo. Su principal ventaja con respecto a la junta de derivación ordinaria es que la derivación no podrá desenrollarse fácilmente.

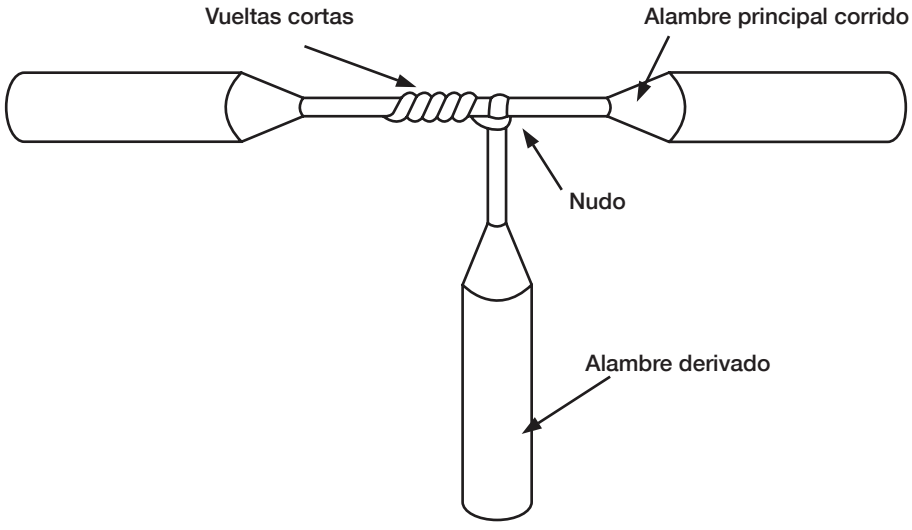
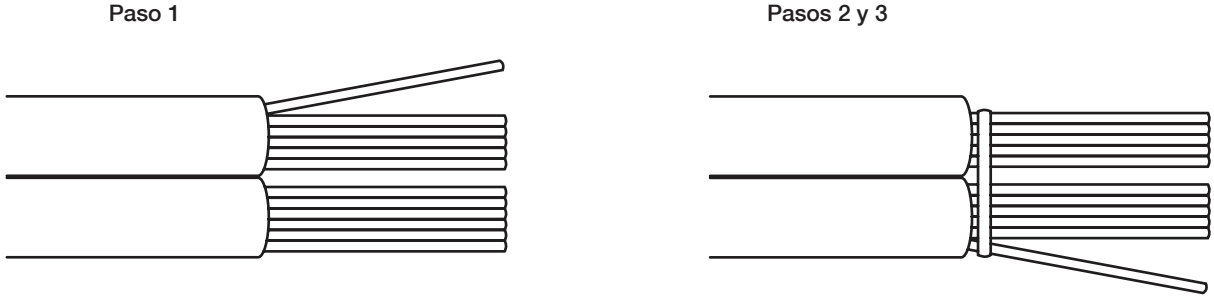


Figura 5.5. Amarre de alambres en "T" o de derivación anudada.

Amarre de cables paralelos

Se emplea para hacer amarres de cables con varios hilos o alambres, principalmente en las cajas de registros. En la figura 5.6 se muestra el procedimiento para realizar dicho amarre:

1. Retire aproximadamente 5 cm de aislamiento de las puntas de los cables a unir.
2. Coloque las dos puntas de los cables a unir paralelas y lo más juntas posible.
3. Abra un alambre de una de las puntas de los cables y comience a enrollar con la ayuda de las pinzas.
4. Abra un alambre de la otra punta y comience a enrollar en el mismo sentido.
5. Continúe alternando los alambres de las dos puntas de los cables. Por último, suelde la unión.



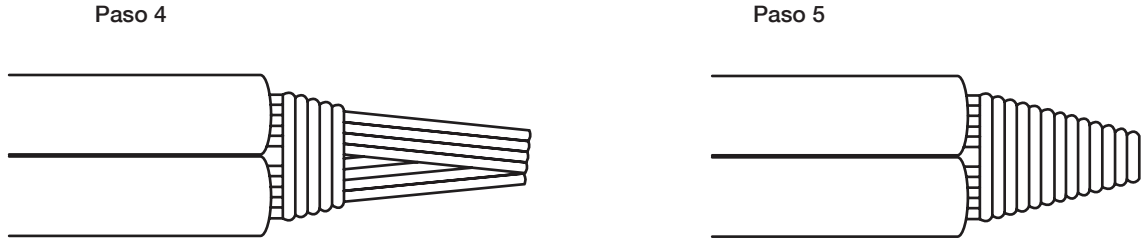
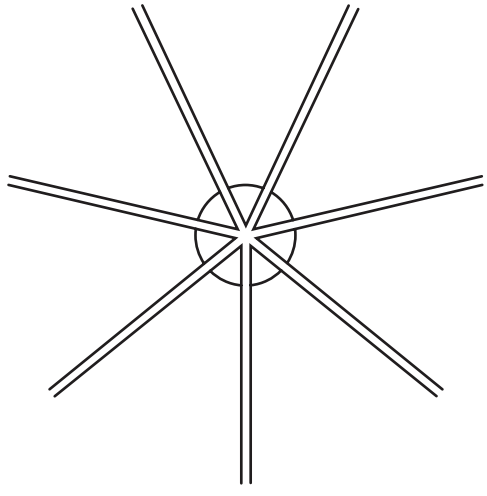


Figura 5.6. Amarre de cables paralelos.

Amarre de cables torcidos

Este tipo de empalme se muestra en la figura 5.7. Se utiliza principalmente para prolongar cables gruesos que van a estar sujetos a esfuerzos de tensión. Para su correcta elaboración, realice los siguientes pasos:

1. Retire aproximadamente de 8 a 10 cm de aislamiento de las puntas de los cables a unir.
2. Con un alambre delgado, realice un atado en forma de anillo de aproximadamente 3 cm del aislamiento de cada una de las puntas y con las pinzas apriételos.
3. Abra los alambres del cable tomando como punto de partida el anillo, enderece y limpie cada alambre.
4. De cada uno de los cables corte el alambre central a la altura de donde realizó la atadura del anillo.
5. Retire el anillo de una de las puntas de los cables y coloque ésta de frente a la otra punta, entrelazando los hilos que quedaron abiertos.
6. Comience a enrollar los alambres de la punta del cable atado, en sentido contrario al trenzado del cable al que le quitó la atadura o anillo.
7. Quite el anillo de la otra punta y comience a enrollar los hilos del otro lado, continúe enrollando hasta que no queden puntas sueltas.
8. Con la ayuda de las pinzas, apriete las vueltas o espiras y corte los extremos sobrantes. Por último, suelde la unión y aíslela.



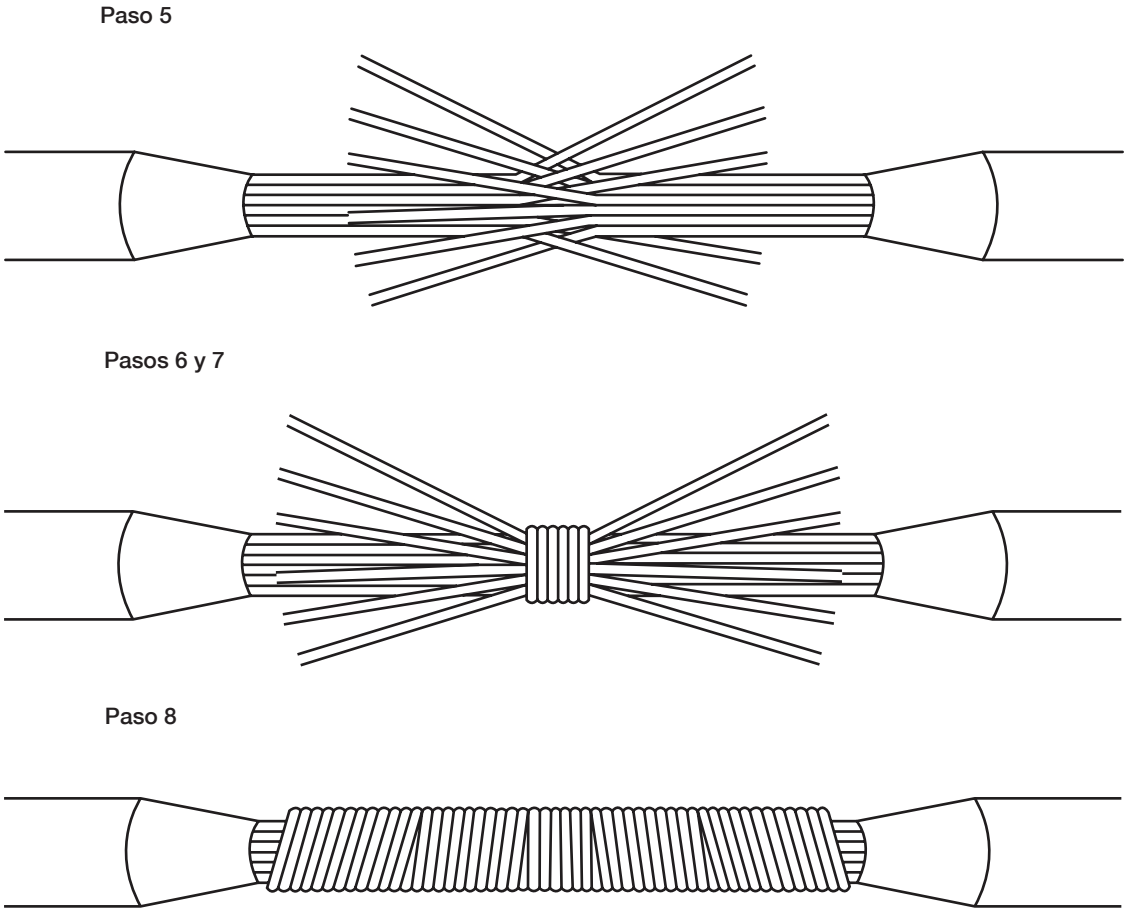


Figura 5.7. Amarre de cables torcidos.

Amarre de cables en "T" o de derivación múltiple

Este amarre se emplea para realizar uniones entre una punta de un cable de derivación a otro que corre de manera continua. En la figura 5.8 se presenta el procedimiento para este tipo de amarre.

1. Retire aproximadamente de 3 a 5 cm del aislamiento del cable principal que corre; con una lija limpie el tramo desnudo.
2. Con la ayuda de las pinzas, abra el cable principal, girándolo en sentido contrario al trenzado de los alambres.
3. Introduzca el desarmador o las pinzas en medio de los alambres separándolos en dos partes y formando una "V", para que en la abertura entre la punta del cable derivado.
4. Retire aproximadamente de 3 a 5 cm del aislamiento de la punta del cable a unir, límpielo y enderece los alambres.
5. Corte el alambre central del cable que va a unir, a partir de donde comienza el aislamiento.
6. Meta los alambres del cable a unir en la abertura del cable corrido y separe en dos partes iguales los alambres.
7. Comience a enrollar una de las partes de los alambres del cable a unir sobre el cable principal en sentido contrario al trenzado.
8. Enrolle la otra parte de los alambres del cable a unir en sentido contrario a la parte anterior y con la ayuda de las pinzas apriete las espiras o vueltas.

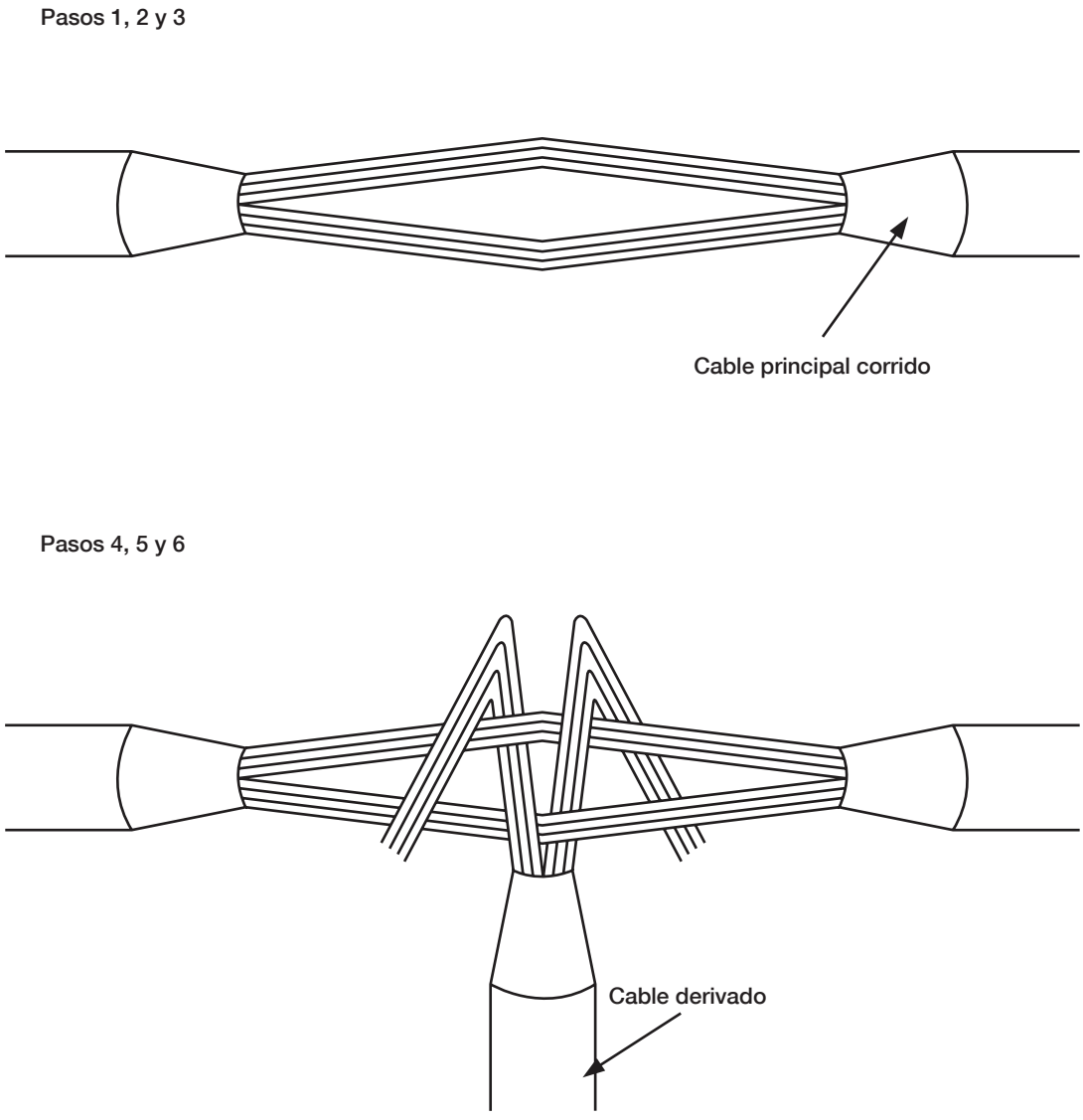


Figura 5.8. Amarre de cables en "T" o de derivación.

Soldar y encintar empalmes

De acuerdo con la sección 110-14, inciso b), de la NOM-001-SEDE-2012, los conductores deben empalmarse con dispositivos adecuados según su uso o con soldadura de bronce, soldadura al arco o soldadura con un metal de aleación capaz de fundirse. Los empalmes soldados deben unirse primero, de forma que aseguren, antes de soldarse, una conexión firme, tanto mecánica como eléctrica. Los empalmes, uniones y extremos libres de los conductores deben cubrirse con un aislamiento equivalente al de los conductores o con un dispositivo aislante adecuado.

Se recomienda primero comenzar a soldar conexiones de alambres y posteriormente conexiones de cables para adquirir habilidad en el proceso de soldado.

Para recubrir los empalmes o uniones de los conductores, utilizamos cintas de aislar. De acuerdo con su uso, las podemos clasificar en tres tipos:

Cintas de plástico

Existe una gran variedad de este tipo de cintas, su diferencia estriba en la calidad, marca y precio.

Su principal característica es que tienen gran poder aislante, además de que no hacen mucho bulto porque son muy delgadas. Debido a estas características, son las más usadas en la práctica.

Cintas de hule

Este tipo de cintas se utilizan principalmente cuando se va a realizar la instalación de los cables en lugares donde la presencia de humedad es alta. Tienen la ventaja de que, cuando se aplican y se estiran, se adhieren o vulcanizan una capa con respecto a la otra, impidiendo así que penetre la humedad.

Cintas de tela o de fricción

Esta es la cinta de tela impregnada con creosota; su uso está limitado a empalmes sencillos, los cuales no van a estar expuestos a la intemperie, a la humedad o a esfuerzos de tensión excesivos.

Elaboración de terminales

La parte importante de un sistema de alambrado son las conexiones. El 80% de los problemas en un sistema de alambrado radica en conexiones mal elaboradas, ya que las conexiones del conductor al equipo o aparato representan puntos calientes por alta resistencia eléctrica, lo que significa un problema para el ahorro de energía y para la seguridad contra incendios. Esto sin considerar el daño al aislamiento de cables y equipos.

Cómo hacer conexiones

1. Enrollar la parte desnuda del conductor dos tercios o tres cuartos de la distancia alrededor del poste del tornillo, como se muestra en la figura 5.9. La vuelta se hace de tal forma que, al girar el tornillo para apretar, ésta tienda a cerrarse más, en lugar de abrir.
2. Apretar el tornillo hasta que el alambre esté en estrecho contacto con la parte inferior de la cabeza del tornillo y el plato de contacto, como muestra la figura 5.10.

3. Apretar el tornillo media vuelta adicional para asegurar una conexión firme (véase figura 5.11).
4. Las figuras 5.12 a 5.14 muestran las maneras incorrectas de efectuar conexiones.

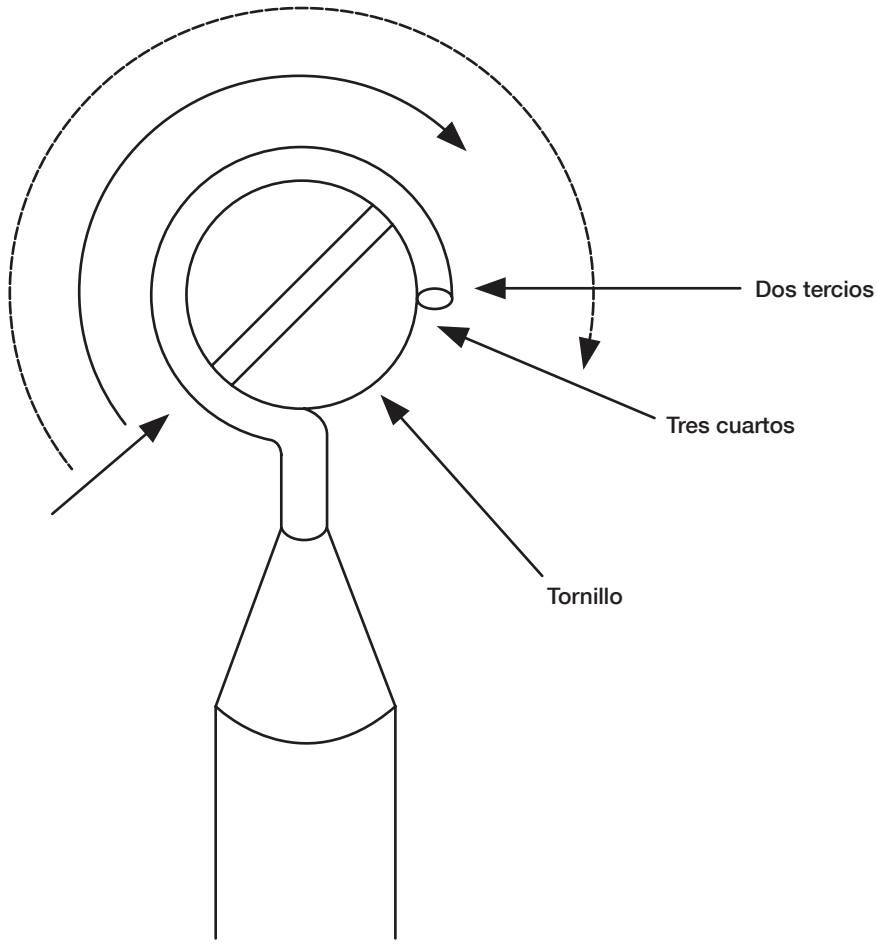


Figura 5.9. Conexión correcta.

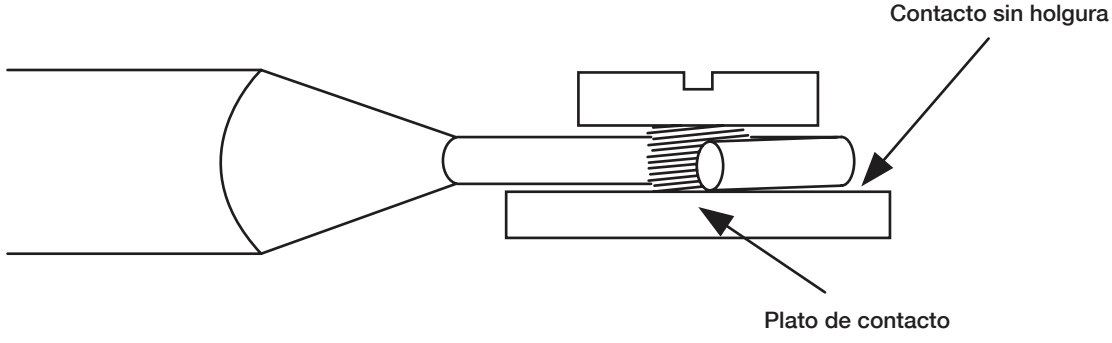


Figura 5.10. Apriete del tornillo.

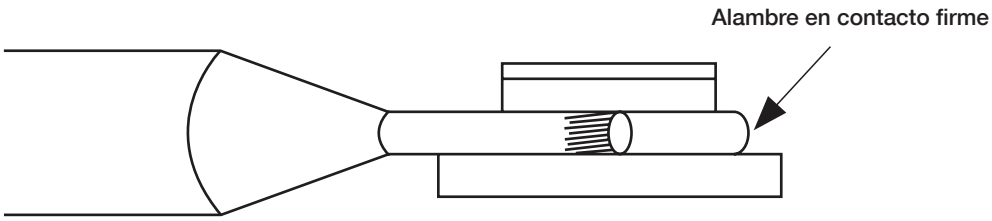


Figura 5.11. Apriete adicional del tornillo.

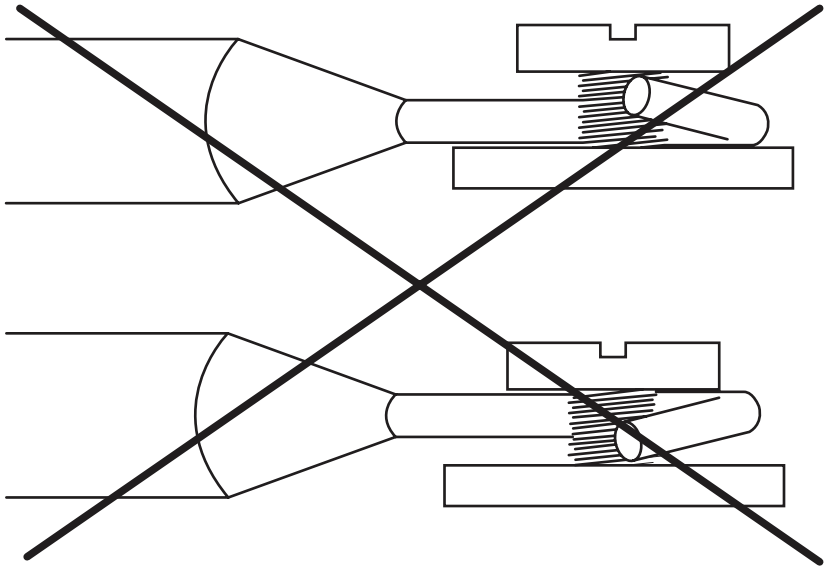


Figura 5.12. Fuerza de apriete incorrecta.

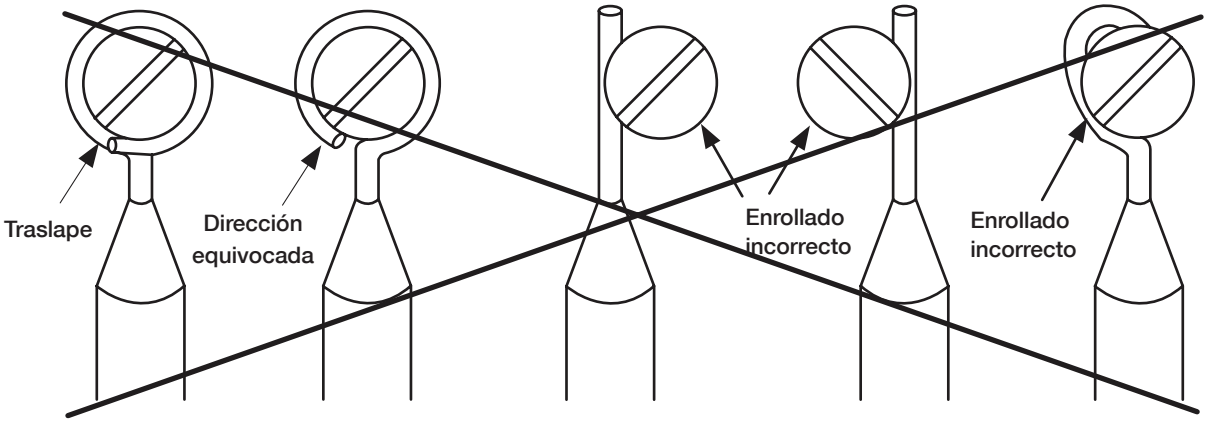


Figura 5.13. Diferentes tipos de conexiones incorrectas.

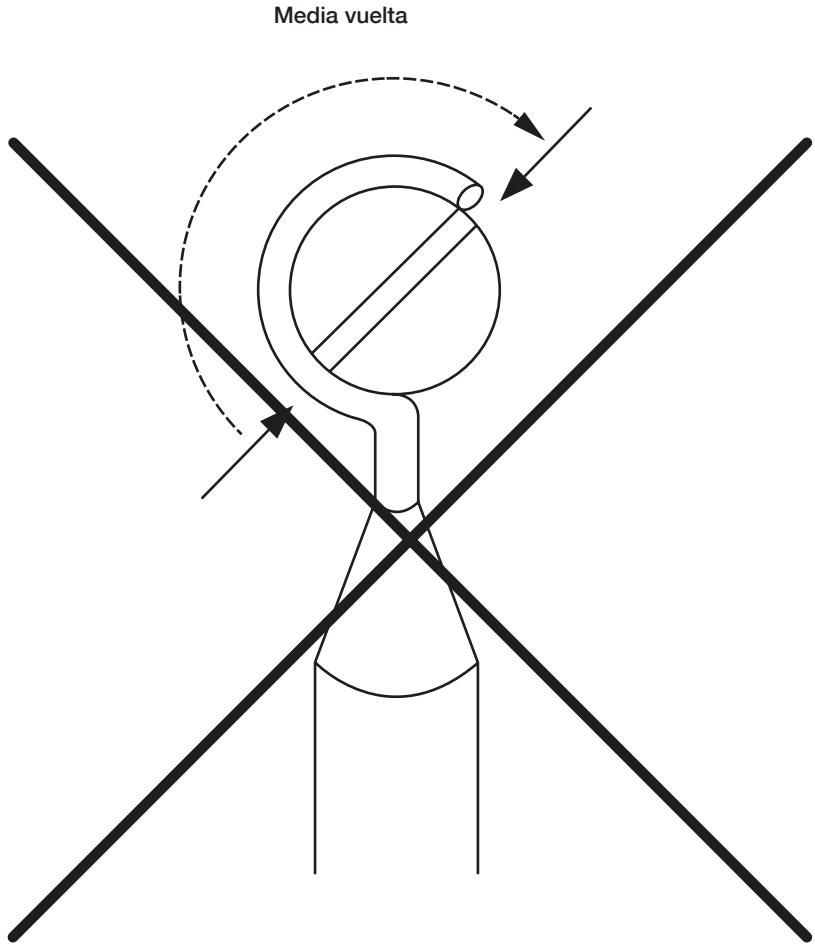


Figura 5.14. Conexión con menos de dos tercios de vuelta.

Presupuesto

El presupuesto de una instalación eléctrica es una de las etapas más importantes del proyecto eléctrico, pues si no se realiza adecuadamente, puede ser la diferencia entre ganar o perder dinero e incluso podría ocasionar algo más perjudicial: perder credibilidad ante el cliente. Podemos definir el presupuesto como un proceso de generación de cédulas de materiales involucrados en el proyecto eléctrico en el que se incluye su costo, además de la mano de obra calificada necesaria para concretarlo, junto con un margen de utilidad, y podemos acompañarlo de toda la información técnica de los materiales y planos eléctricos del proyecto, con lo que ganaremos una imagen y presencia que nos diferencie ante nuestros clientes.

La factibilidad del presupuesto estará en función de una correcta interpretación de la selección de materiales, la cual debe cuidar el aspecto normativo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE, de observancia obligatoria, y lo relativo a la funcionalidad de materiales: facilidad de instalación, calidad del producto, soporte técnico del fabricante, valor agregado, etcétera.

Tradicionalmente la elaboración del presupuesto eléctrico representa un gran reto para el ingeniero o técnico a cargo, quien debe tomar decisiones técnico-comerciales, con el fin de elaborar un presupuesto técnicamente fundamentado y al mismo tiempo económicamente aceptable.

No existe una fórmula para elaborar un presupuesto eléctrico, ya que varía dependiendo de las necesidades de cada persona y proyecto, pero, en lo general, deben tomarse en cuenta los puntos que se describen a continuación.

Análisis del proyecto

Un buen presupuesto eléctrico inicia desde la conceptualización de todas las necesidades del usuario al que se le entregará el proyecto, ya sea una vivienda, un edificio de oficinas o un local comercial. Desde la mesa de diseño se debe analizar, entender y considerar las diferentes opciones que otorgan valor al usuario para después concretarlas en un proyecto fundamentado técnicamente. El área de oportunidad de cualquier presupuesto está en la habilidad de equilibrar la parte técnica, acorde con las necesidades del usuario, con la rentabilidad. Si lo analizamos un poco, efectivamente todo está relacionado: el proyectista hace el diseño eléctrico basado en cálculos; con los cálculos se dimensionan los materiales, cuyas dimensiones y especificaciones de manufactura deben cumplir con la normatividad de uso, la cual incluso da sugerencias de los materiales permitidos por aplicación y propósito; los fabricantes ofrecen estos materiales certificados de acuerdo con la normativa para hacer segura su utilización; los distribuidores de material y equipo eléctrico dan los precios; y de ahí, el proceso va de regreso a la persona a cargo del proyecto y del presupuesto, quien integra esa información. Este ciclo es necesario y es iterativo, pues basado en el conocimiento amplio de los detalles del proyecto, la persona encargada de este puede tomar decisiones tanto técnicas como comerciales para optimizarlo y hacerlo más rentable.

Desafortunadamente, en algunas ocasiones la práctica común hace que el mercado solicite presupuestos sin dar toda la información del proyecto. Obviamente esta falta de información da como resultado presupuestos no fundamentados y de alto riesgo para el contratista, quien, al crear el presupuesto con esta base y al ejecutar el proyecto, puede enfrentarse a discrepancias con el usuario y en ocasiones debe absorber los gastos por cálculos de materiales y/o mano de obra implícita no considerados originalmente.

En circunstancias de poca información del proyecto para los contratistas que cotizan, el cliente no tiene un estándar de comparación y tiende a elegir el presupuesto más barato, suponiendo que este cumple con su expectativa, la cual nunca fue conocida a detalle por quien cotizó.

Elaborar un presupuesto no significa ofrecer lo más barato, sino proporcionar una solución acorde con los requerimientos de cada proyecto. Los presupuestos elaborados sin el dominio del proyecto o enfocados en lo más barato no dejan nada bueno a nadie, ya sea cliente o contratista, sino que dan como resultado instalaciones peligrosas para las personas y sus bienes, además de referencias erróneas para futuros proyectos.

El análisis del proyecto debe hacerse considerando los planos eléctricos, memorias técnico-descriptivas y la lista de conteo de materiales. Verifique que todos los documentos estén aprobados por el área a cargo y por el cliente final, lo cual ayudará a evitar malentendidos. Apóyese con el diseñador, proveedor y, en general, con aquellas personas involucradas que le puedan dar un panorama más amplio del proyecto.

Visita a sitio

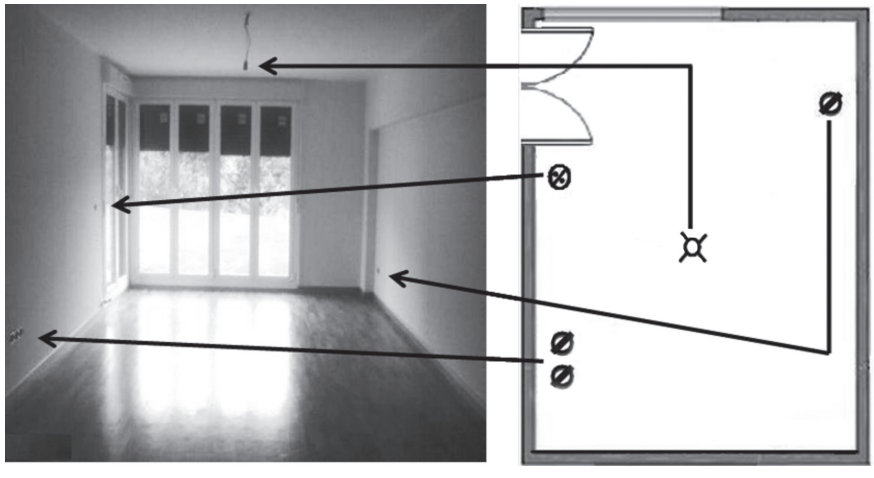
Una vez que el proyecto se encuentre en construcción, obra negra, o en el caso de que se requiera presupuesto por reparación o ampliación, es necesario hacer un levantamiento o recorrido a la edificación con los planos eléctricos en mano.

Sin duda el recorrido en sitio o levantamiento es una de las actividades más comunes y útiles para la gente involucrada en proyectos eléctricos. Un buen levantamiento brinda las siguientes ventajas:

- Da información verídica para confirmar el diseño del proyecto: que todo esté en su lugar, las paredes donde deben, los huecos para las cajas, conteo de materiales y, en general, permite resolver todas las dudas de diseño. Al final de cuentas, el cliente recibe la instalación eléctrica terminada, no un plano eléctrico. Siéntase libre de hacer cuantos levantamientos sean necesarios, eso le dará seguridad y dominio del proyecto para tomar decisiones sobre el diseño e, incluso, la oportunidad de optimizarlo.
- Permite verificar la concordancia con la norma de instalaciones NOM-001-SEDE. Si encuentra alguna anomalía o incumplimiento a la misma, anote sus observaciones en el reporte del presupuesto, esto ayudará en dos sentidos: primero, demostrará su conocimiento y participación en el proyecto; segundo, quedará asentada su preocupación con respecto a una mala ejecución de obra, ajena a su alcance.

En la siguiente figura se presenta un ejemplo de levantamiento de una habitación (izquierda) con el plano eléctrico (derecha).

Al hacer el levantamiento de la instalación eléctrica, es importante tomar en cuenta detalles que propiamente no se indican en los planos, pero que son trabajos que alguien debe hacer, por ejemplo, hacer la ranura en los muros para colocar la tubería y las cajas.



Habitación

Levantamiento de habitación

Selección de materiales y precios

Para la selección de materiales, es necesario dedicar tiempo a conocer los productos que existen en el mercado, sus diferencias, ventajas, precios y normativa.

Al respecto, la Norma de Instalaciones Eléctricas NOM-001-SEDE indica textualmente en el artículo 110-2: "deben utilizarse materiales y equipos (productos) que cumplan con las normas oficiales mexicanas y, a falta de estas, con las normas mexicanas. Los materiales y equipos (productos) de las instalaciones eléctricas sujetos al cumplimiento señalado en el párrafo anterior, deben contar con un certificado expedido por un organismo de certificación de productos, acreditado y aprobado".

De acuerdo con la página Web de la Asociación de Normalización y Certificación, A.C. (ANCE): "La certificación es el procedimiento mediante el cual se asegura que un producto, proceso, sistema o servicio se ajusta a las normas, lineamientos o recomendaciones de organismos, tanto nacionales como internacionales, dedicados a la normalización". En México, ANCE se encarga de extender los certificados de conformidad a los productos eléctricos que cumplen con lo indicado en las normas mexicanas.

Como criterio de selección de materiales, elija los que tengan certificado de conformidad de producto y exija a su proveedor el certificado vigente.

Por otro lado se sabe que, aun entre productos certificados, las diferencias entre marcas pueden ser grandes, y pocas veces son identificadas por el usuario o cliente final. La facilidad de instalación, el desempeño ante el fuego, la garantía de por vida y el cuidado del medio ambiente son factores que se unen a los criterios de selección de materiales. En el mercado existe una oferta muy amplia de productos; tómese su tiempo en elegir: cada fabricante tiene productos y servicios de valor agregado que pueden hacer la diferencia en su proyecto.

Dentro del presupuesto, el cliente espera sus recomendaciones de marcas y productos. Proponga y prefiera productos que ofrezcan valor agregado, justifique los productos y resalte los puntos que lo llevaron a seleccionarlos, de esta forma usted trabajará con la tranquilidad de obtener un buen resultado final, con productos de su confianza, y garantizará, por supuesto, los trabajos que haga con ellos. Recuerde que su prestigio se forma con base en su trabajo y, si llegase a fallar cualquier material que usted seleccionó, el cliente no se fijará en él, sino en quien lo instaló y proyectó.

Después de la selección de productos y marcas, viene una parte medular en el presupuesto: el precio de los productos, muchas veces malinterpretado y pocas veces entendido en un mercado cada vez más competido.

El precio del producto varía dependiendo de los materiales que lo componen, los procesos de manufactura, el empaque, el valor agregado, etc. Para aquellos productos que utilizan metales como el cobre y el aluminio, y que su valor impacta de manera importante en el precio total, como en el caso de los conductores eléctricos, el precio estará directamente afectado por la cotización internacional de los metales, ya sea incrementos o decrementos, que se verán reflejados en el precio final, incluso de un día para otro. Es muy importante tener esto en mente, ya que durante el proceso de aceptación del presupuesto pueden ocurrir cambios en el precio de estos materiales y ello puede afectar seriamente la rentabilidad del presupuesto como fue diseñado inicialmente.

Para minimizar estos efectos en el presupuesto, es recomendable consultar con su distribuidor o con el fabricante las tendencias de los metales, con el fin de estimar un precio a la fecha de compra –lo cual dará certidumbre sobre el presupuesto entregado–, o bien, negociar con el cliente un precio variable con el objetivo de hacer los ajustes necesarios sobre la cotización en el momento de la compra.

En el mercado actual, se pueden tomar todas la previsiones necesarias referentes a los precios de los productos y nunca serán suficientes para satisfacer las necesidades de reducir los costos de ningún proyecto, pero no claudique, el precio del producto es solo una referencia para marcar niveles entre competidores. Los aspectos de diferenciación como servicio al cliente, tiempo de entrega, profesionalismo, compromiso, experiencia, etcétera, son los verdaderos puntos clave que toma en cuenta el cliente en un presupuesto.

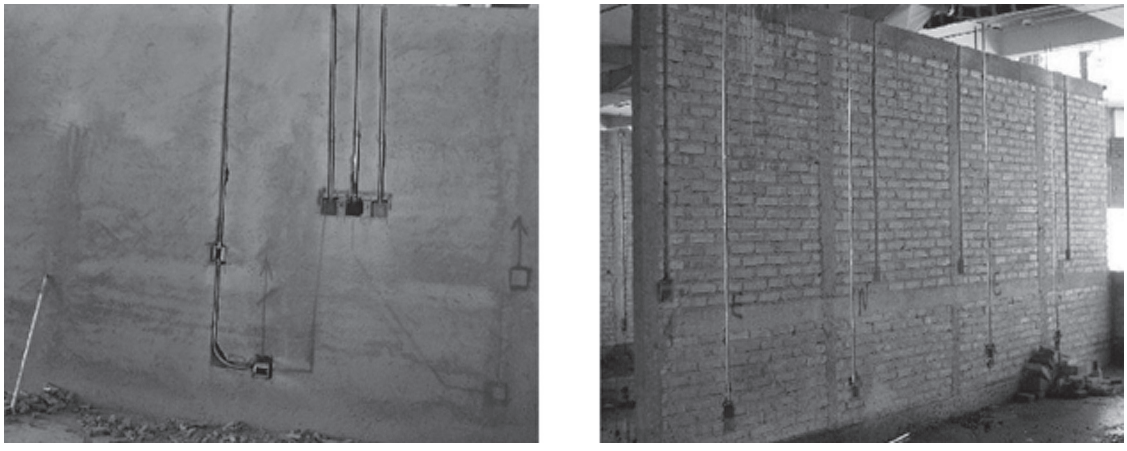
Mano de obra

Un aspecto fundamental, no solo del presupuesto, sino de la correcta ejecución del proyecto, es la mano de obra, y nos referimos a la mano de obra calificada. La frase *lo barato sale caro* también aplica a la habilidad, experiencia y compromiso de los técnicos electricistas involucrados en el proyecto. El prestigio de su empresa, o el suyo como electricista, está en juego en cada trabajo, y una labor deficiente no sólo provoca re-trabajos donde se pierde tiempo, sino que dejan una mala impresión en el cliente que nunca se borra.

Si bien la mano de obra calificada es relativamente más cara, los beneficios para el patrón son enormes. El sentido de confianza cliente-proveedor nace de la suma de trabajos de calidad con pagos justos. De nada sirve utilizar productos con valor agregado si la ejecución se hace sin ningún cuidado o sentido técnico, y viceversa.

Hoy en día la actualización y capacitación es un plus que le ayudará enormemente en proyectos futuros. Para ello, la inversión monetaria podría ser un problema, sin embargo, existen compañías comprometidas y convencidas de los resultados que brinda la capacitación constante, como Grupo Condumex. Le invitamos a acercarse a los fabricantes o distribuidores para conocer los planes de capacitación gratuita.

La cotización de la mano de obra depende de muchos factores, como: la ubicación y tamaño del proyecto, el tiempo de entrega, el nivel de especialización requerido por el personal, etc. En general, siempre sea claro con respecto a las actividades que deben realizarse y, para evitar malentendidos, se sugiere desglosarlas en el presupuesto.



Ranurado de muro y colocación de tuberías y cajas.

Reporte del presupuesto

El reporte del presupuesto varía dependiendo del proyecto o la persona que lo realice, lo importante es que tenga los datos esperados por el cliente. A continuación se presentan algunos puntos, en forma general, que debería tener un presupuesto de instalación eléctrica.

a) Generalidades. Aquí debe aparecer la información del cliente: compañía o nombre del cliente, nombre del solicitante del presupuesto, dirección, teléfono, etc. Igualmente, tiene que incluirse la información de su empresa: dirección, teléfono, etc. Por último, el nombre del proyecto, número o referencia.

b) Lista de materiales, también llamada cédula de materiales y mano de obra. Generalmente se muestra la lista de materiales en una tabla donde los encabezados presentan: descripción, cantidades,

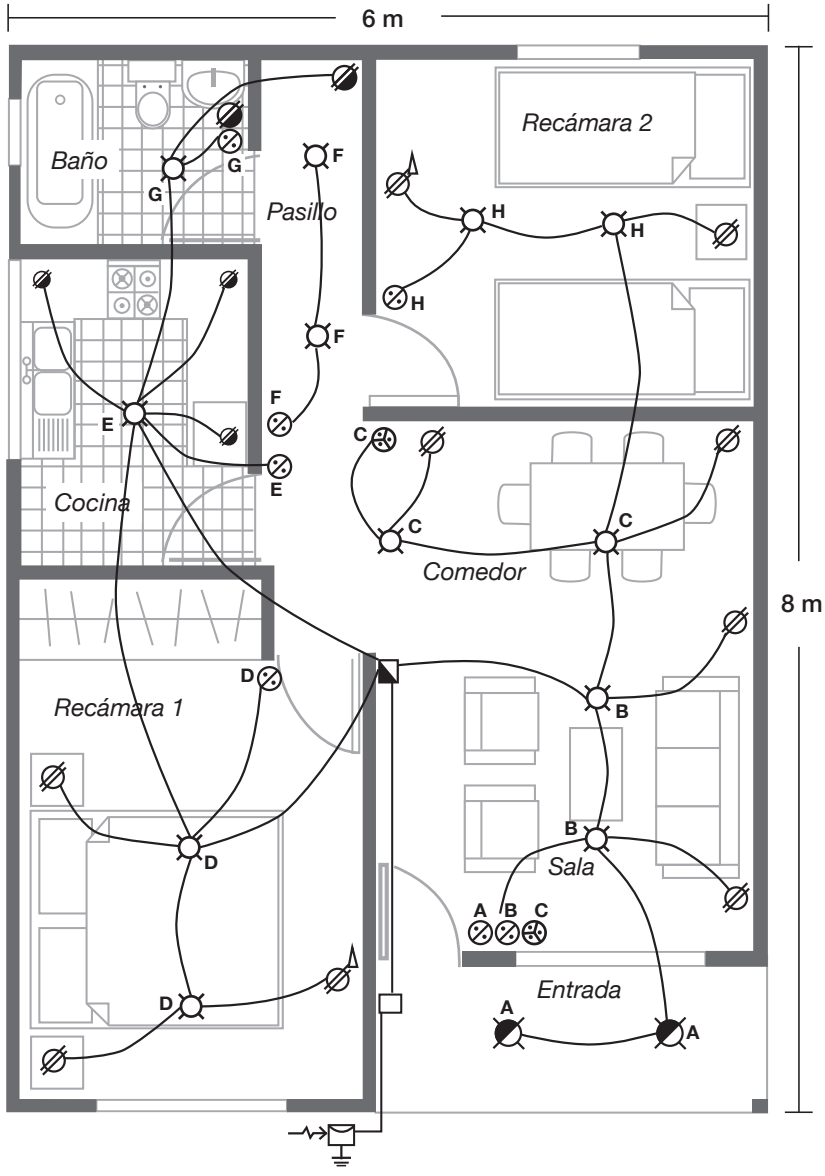
precios, etc. En algunas ocasiones se prefiere incluir el costo de la mano de obra en el material, sin embargo, se recomienda hacerlo por separado, con el fin de poner a detalle las actividades a realizar. Si la lista de materiales es muy grande, es conveniente hacer un resumen del total y poner el detalle en un anexo del presupuesto.

c) **Observaciones.** En las observaciones, indique todos los detalles que considere que pudieran cambiar o reorientar el presupuesto, por ejemplo: si durante el conteo de materiales o en el levantamiento del lugar se encontraron detalles técnicos o situaciones que podrían dificultar los trabajos y que no estén considerados por el cliente, indíquelo aquí y agregue un anexo con la justificación de la observación.

d) **Condiciones comerciales.** Finalmente indique bajo qué condiciones el presupuesto es válido, es decir, las condiciones comerciales en las cuales se obliga a cumplir, por ejemplo: tiempo de entrega, vigencia de precios, condiciones de pago, etcétera.

A continuación se presenta un ejemplo de presupuesto.

Se requiere saber el presupuesto de una vivienda de un solo piso; el plano eléctrico se muestra en la siguiente figura.



El presupuesto queda de la siguiente forma:

México D.F., a 16 de mayo de 2012

Nombre del cliente…
Dirección del cliente…
Nombre del proyecto…
Número de referencia…

At'n: Nombre del contacto…

En atención a su solicitud de presupuesto para el proyecto… con número de referencia…, pongo a su consideración el suministro de materiales e instalación de los mismos.

El presupuesto asciende a la suma que se indica a continuación:

Conductores eléctricos	$ 0,000.00
Lámparas	$ 0,000.00
Interruptores	$ 0,000.00
Apagadores	$ 0,000.00
Otros materiales	$ 0,000.00
Mano de obra	$ 0,000.00

Subtotal	$ 0,000.00
IVA (16%)	$ 0,000.00

Total	$ 0,000.00

Condiciones comerciales:

Vigencia de la oferta:	30 días a partir de esta fecha
Condiciones de pago:	30% de anticipo, 70% a 15 días
Precios:	Pesos mexicanos
Tiempo de entrega:	2 semanas
Garantía:	90 días a partir de la fecha de terminación

Observaciones…

Para mayor detalle de los valores indicados, favor de consultar el anexo 1 adjunto.

Para cualquier duda o aclaración quedo a sus órdenes

Atentamente:

Nombre del responsable…
Puesto…
Compañía…
Datos de la compañía…

Anexo 1

Descripción	Marca	Cantidad	P. unitario ($)	Total ($)
Material:				
Interruptor de seguridad, 2 x 30 A, 127/220 V		1		
Fusible, 30 A, 250 V		2		
Mufa de 1 ¼" de diámetro		1		
Tubo conduit metálico galvanizado pared gruesa de 1 ¼" y 3 m de longitud		1		
Base para medidor de seis terminales		1		
Reducción de 1¼" a ½"		1		
Tubo conduit metálico pared delgada de ½"		1		
Varilla de puesta a tierra de 5/8" de diámetro y 3,05 m de longitud		1		
Conector para varilla de puesta a tierra		1		
Cable Vinanel XXI RoHS[M.R.] tipo THW-LS/THHW-LS CT-SR, color negro, calibre 8 AWG	CONDUMEX CABLES	14 m		
Cable Vinanel XXI RoHS[M.R.] tipo THW-LS/THHW-LS CT-SR, color blanco, calibre 8 AWG	CONDUMEX CABLES	7 m		
Cable de cobre desnudo, calibre 8 AWG	CONDUMEX CABLES	3 m		
Cable Vinanel XXI RoHS[M.R.] tipo THW-LS/THHW-LS CT-SR, color rojo, calibre 12 AWG	CONDUMEX CABLES	70 m		
Cable Vinanel XXI RoHS[M.R.] tipo THW-LS/THHW-LS CT-SR, color blanco, calibre 12 AWG	CONDUMEX CABLES	70 m		

Cable de cobre desnudo, calibre 12 AWG		55 m		
Cable Vinanel XXI RoHS$^{M.R.}$ tipo THW-LS/THHW-LS CT-SR, color negro, calibre 14 AWG		90 m		
Cable de cobre desnudo, calibre 14 AWG		30 m		
Cable Vinanel XXI RoHS$^{M.R.}$ tipo THW-LS/THHW-LS CT-SR, color verde, calibre 14 AWG		15 m		
Centro de carga QO6		1		
Interruptor termomagnético 1 x 15 A		3		
Interruptor termomagnético 1 x 120 A		3		
Apagador sencillo, 10 A, 127 V		6		
Apagador de tres vías, 10 A, 127 V		2		
Tapa modular de una entrada para apagador		4		
Tapa modular de dos entradas para apagador		1		
Tapa modular de tres entradas para apagador		1		
Contacto dúplex polarizado con puesta a tierra con tapa, 15 A, 127 V		7		
Contacto con protección de falla a tierra con tapa, 15 A, 127 V		5		
Contacto de tierra aislada con tapa, 15 A, 127 V		2		
Portalámparas uso interior, 660 W, 250 V		12		
Portalámparas uso intemperie, 660 W, 250 V		2		
Subtotal:				

Descripción	Cantidad	P. unitario ($)	Total ($)
Mano de obra:			
Instalación de acometida, incluye instalación de mufa	1		
Instalación de varilla puesta a tierra, incluye excavación, conductor del electrodo de puesta a tierra y conectores.	1		
Instalación en vivienda, incluye ranurado en paredes, instalación de tubería, cajas y demás accesorios necesarios.	1		
Subtotal:			

- BECERRIL L., Diego Onésimo, *Instalaciones eléctricas prácticas*, 12ª edición., México, D.F.
- ENRÍQUEZ HARPER, Gilberto, *Guía para el diseño de instalaciones eléctricas residenciales, industriales y comerciales basada en las normas técnicas para instalaciones eléctricas NOM-001-SE-1994 incluye NEC-1996*, 1ª reimpresión, Editorial Limusa, Noriega Editores, México, D.F., 1999.
- ENRÍQUEZ HARPER, Gilberto, El ABC del alumbrado y las instalaciones eléctricas en baja tensión, 2ª edición, Editorial Limusa, Noriega Editores, México, D.F., 1999.
- FERNÁNDEZ RODAS, Eusebio, *Curso de electricidad e instalaciones eléctricas*, 5ª edición, Editorial Grafiese, México, D.F., 1999.
- HARMAN, Thomas L. y Charles E. Allen, *Guide to the National Electrical Code*, Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey 07632, U.S.A., 1987.
- *Instalaciones eléctricas básicas. Mantenimiento y reparación*, Colección Black & Decker para el arreglo de la casa, 1ª edición, Black & Decker, Editorial Limusa, Noriega Editores, México, D.F., 1994.
- LESUR, Luis, *Una guía paso a paso. Manual de instalaciones eléctricas*, Colección Cómo Hacer Bien y Fácilmente, 1ª edición, 5ª reimpresión. Editorial Trillas, México, D.F.,1999.
- MCPARTLAND, Joseph F. y Brian J. McPartland, *Mc Graw Hill National Electrical Code Handbook Based on the 1996 National Electrical Code*, 22ª edición, U.S.A., 1996.
- NATIONAL ELECTRICAL CODE 1999 (NEC), *National Fire Protection Association*, Inc., One Batterymarch Park, Quincy, MA 02269, U.S.A., 1998.
- NATIONAL ELECTRICAL CODE 2011 (NEC), *National Fire Protection Association*, Inc., One Batterymarch Park, Quincy, Massachusetts 02169-7471.
- RICHTER, Herbert P. y W. Creighton Schwan, *Practical electrical wiring based on the 1984 National Electrical Code*, 13ª edición, Mc Graw-Hill Book Company, U.S.A., 1984.
- *Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas (utilización)*, Secretaría de Energía, México.
- *Norma Oficial Mexicana NOM-008-SCFI-2002, Sistema General de Unidades de Medida.*
- *Página Web de la Asociación de Normalización y Certificación, A.C. (ANCE).*

Red de Distribución Condumex Cables

Oficinas Corporativas
Lago Zurich No. 245, Edificio Frisco, piso 6
Col. Ampliación Granada, C.P. 11529
Delegación Miguel Hidalgo, México D.F
Tel. (55) 5328 5800 / 2122 2600 /
Fax 5255 1026

Aguascalientes
16 de Septiembre No. 420
Col. Barrio El Encino
Aguascalientes, Ags., C.P. 20240
Tel. (449) 918 2542 / 918 2520 /
918 2468 / Fax 915 7635

Cancún
Av. Kinic, manzana 9, lote 3, supermanzana 97
(entre Av. Acanceh y Chalchoapan),
Zona Industrial, Cancún, Q.R., C.P. 77520
Tel. (998) 886 7575 / 886 7775 / Fax 886 4965

Cd. Juárez
Enrico Fermi No. 1450
Parque Industrial Río Bravo
Cd. Juárez, Chih., C.P. 32557
Tel. (656) 682 0397 / 682 0843 /
Conm. 649 0340 / Fax 682 2396

Chihuahua
Av. Industrias No. 6701-D
Zona Industrial Nombre de Dios
Chihuahua, Chih., C.P. 31110
Tel./Fax (614) 440 1093 / 440 0882 /
440 1076

Culiacán
Calz. Aeropuerto esq. Luis G. Urbina
Col. Bachigualato
Culiacán, Sin., C.P. 80140
Tel. (667) 760 0261 / 760 0260 /
760 0147 / Fax 760 0146

Guadalajara
Calle 7 No. 872
Zona Industrial
Guadalajara, Jal., C.P. 44940
Tel./ Conm. (33) 3663 0250 / Fax 3663 0255

Hermosillo
Blvd. García Morales No. 214
Col. El Llano
Hermosillo, Son., C.P. 83210
Tel. (662) 218 6681 / 218 6675 /
218 6751 / 218 6716 / 218 6652 /
Fax 218 6587

Irapuato
Av. Prolongación Guerrero No. 2648
Col. Unidad Modelo del IMSS
Irapuato, Gto., C.P. 36620
Tel. (462) 624 0371 / 624 0313 /
624 0300 / 624 0429 / 624 0432 / Fax 6240302

La Paz
Durango No. 1610-A (entre Veracruz y Sinaloa)
Col. Las Garzas
La Paz, B.C.S., C.P. 23079
Tel. (612) 125 3345 / Fax 123 2914

Mérida
Calle 63 No. 512, por Calle 60 Diagonal
Fracc. Parque Industrial Yucatán
Mérida, Yuc., C.P. 97300
Tel. (999) 941 2436 / 941 2437 /
Fax 941 2435

Mexicali
Río Acaponeta No. 1401,
esq. Alejandro Cital Mendoza
Col. Independencia
Mexicali, B.C., C.P. 21290
Tel. (686) 580 9315 / 580 9317 / Fax 580 9329

México, D.F.
Poniente 140 No. 720
Col. Industrial Vallejo
México, D.F., C.P. 02300
Tel. (55) 5729 3380 / Fax 5729 3367

Ventas Exportaciones
Tel: (55) 53 28 3340

Centro Nacional Telefónico,
Atención a Clientes
Tel. (55) 5242 9333 /
01 800 29 22253

Ventas Maquiladoras México
Tel. (55) 5729 3338 / Fax 5729 3362

Ventas Telecomunicaciones
Tel. (55) 5729 3310 /
Fax 5729 3303

Monterrey
Av. San Jerónimo No. 853 Pte.
Col. San Jerónimo
Monterrey, N.L., C.P. 64640
Tel. (81) 8346 8550 / 8346 9198 /
8346 4434 / 8346 9664 / 8346 4927 /
8346 6897 / Fax 8346 4007

Puebla
Diag. Defensores de la República No. 167-C
Col. Lázaro Cárdenas
Puebla, Pue., C.P. 72140
Tel. (222) 246 4321 / 246 4076 /
246 4800 / Fax 246 3719

Querétaro
Circuito Balvanera No. 4, bodega 2
Parque Industrial Balvanera
Corregidora, Qro., C.P. 76900
Tel. (442) 195 5611 / 195 5612 /
195 5613 /
Fax 195 5614

San Luis Potosí
Av. Industrias No. 3830, Mz. 34
Zona Industrial 1ra. Sección
San Luis Potosí, S.L.P., C.P. 78395
Tel. (444) 824 8070 / 824 7783 /
Fax 824 8072

Tampico
Catalina No. 205-A
Col. Petrolera
Tampico, Tamps., C.P. 89120
Tel. (833) 213 3216 / 213 2201 /
Fax 217 0829

Tijuana
Vía Rápida Oriente No. 15447
(entre Bernardo O'Higgins y Manuel J.
Clouthier)
Col. Río Tijuana, 3ra. Etapa
Tijuana, B.C., C.P. 22226
Tel. (664) 689 3405 al 08 /
Fax 660 9685

Torreón
Valle del Guadiana No. 654
Parque Industrial Lagunero
Gómez Palacio, Dgo., C.P. 35070
Tel. (871) 719 2322 / 719 2382 /
719 2442 / 719 0727 / Fax 719 0152

Tuxtla Gutiérrez
11va. Calle Poniente Norte No. 860
Col. Centro
Tuxtla Gutiérrez, Chis., C.P. 29000
Tel. (961) 671 9562 / Fax 671 5340

Veracruz
Av. Salvador Díaz Mirón No. 2589
Fraccionamiento Moderno
Veracruz, Ver., C.P. 91910
Tel. (229) 937 0426 / 937 0682 /
937 9337 / Fax 937 9109

Villahermosa
Av. De los Ríos no. 216 Depto 1-B
Col. Tabasco 2000, Plaza Bamboo
Villahermosa, Tab., C.P. 86035
Tel. (993) 590 3640 / 337 9300 /
337 9301 / Fax 337 9302

Zacatecas
Industria No. 8 A
Conjunto Industrial La Bufa
Guadalupe, Zac. C.P. 98604
Tel. (492) 923 03 26
Tel. (492) 923 01 30

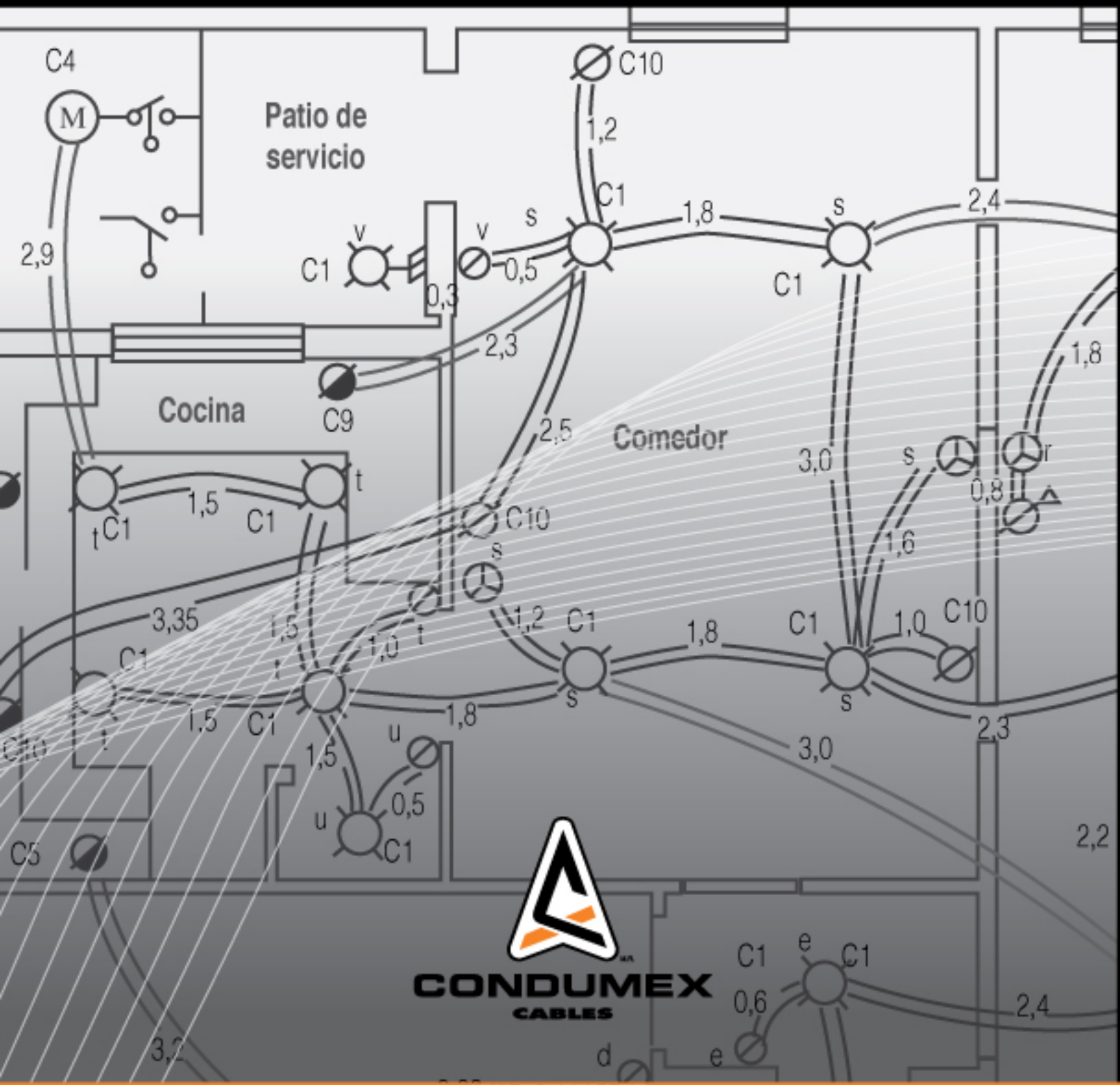
Centro Nacional Telefónico CONDUMEX
01 800 29 22253
atencion_cables@condumex.com.mx

Ingresa a nuestro catálogo interactivo
de consulta optimizada en:

http://catalogo.condumex.com.mx

condumex.com

Manual técnico de instalaciones eléctricas en baja tensión
se terminó de imprimir en la Ciudad de México durante
el mes de enero de 2015.
La edición consta de 4,000 ejemplares más sobrantes
para reposición y estuvo al cuidado de
la Gerencia Técnica Comercial del
Sector Cables y la Gerencia General
de Mercadotecnia y Publicidad de
Grupo Condumex



CONDUMEX
CABLES

UNA EMPRESA DE
GRUPO CONDUMEX M.R.